

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra stavební mechaniky

Statická analýza lepenej lamelovej konštrukcie krovu

Statical analysis of roof from glued laminated timber

Študent:

Viktor Konštiak

Vedúci bakalárskej práce:

doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání bakalářské práce

Student:

Viktor Konštiak

Studijní program:

B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor:

3607R037 Konstrukce staveb

Téma:

Statická analýza lepené lamelové konstrukce krovu
Statical analysis of roof from glued laminated timber

Jazyk vypracování:

slovenština

Zásady pro vypracování:

Zpracujte statický posudek dřevěné konstrukce krovu s důrazem na řešení přípojů dřevěných konstrukcí:

- 1) Dispoziční řešení navrhované konstrukce.
- 2) Návrh a posouzení vybraných rozhodujících nosných prvků a spojů v mezním stavu únosnosti i použitelnosti.
- 3) Detailní analýza vybraných typů spojů.
- 4) Výkresová dokumentace.

Seznam doporučené odborné literatury:

- 1) ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- 2) ČSN EN 1995-1-2: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru.
- 3) ČSN 73 1702: Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- 4) ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.
- 5) Koželouh, B., Dřevěné konstrukce podle EUROKODU 5. STEP 1. Navrhování a konstrukční materiály.
- 6) Koželouh, B., Dřevěné konstrukce podle EUROKODU 5. STEP 2. Navrhování detailů a nosných systémů.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

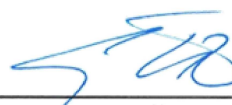
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 02.05.2017



doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som celú bakalársku prácu vrátane príloh vypracoval samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a uviedol som všetky použité podklady a literatúru.

V Ostrave 02.05.2017

.....

podpis študenta

Prehlasujem, že

- som bol oboznámený s tým, že na moju bakalársku prácu sa vzťahuje zákon 121/2000 Zb. – autorský zákon, najmä § 35 – použitie diela v rámci občianských a náboženských obradov, v rámci školských predstavení a použitie diela školského § 60 – školské dielo.
- beriem na vedomie, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (ďalej len VŠB – TUO) má právo neziskovo pre svoje vnútorné potreby bakalársku prácu použiť (§ 35 odst.3).
- súhlasím s tým, že údaje o bakalárskej práci budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO
- bolo dojednané, že s VŠB-TUO, v prípade záujmu z jej strany, uzatvorím licenčnú zmluvu s oprávnením použiť dielo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bolo dojednané, že použiť svoje dielo – bakalársku prácu alebo poskytnúť licenciu na jej použitie môžem len so súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takom prípade od mňa požadovať primeraný príspevok na uhradenie nákladov, ktoré boli VŠB – TUO vynaložené (až do ich skutočnej výšky).
- beriem na vedomie, že odovzdaním svojej práce súhlasím so zverejnením svojej práce podľa zákona č.111/198 Zb., o vysokých školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, bez ohľadu na výsledok jej obhajoby.

V Ostrave 02.05.2017

.....

podpis študenta

Pod'akovanie

Týmto spôsobom by som sa chcel poďakovať Ing. Davidovi Mikolášekovi, Ph.D. za pomoc pri zhotovení výpočtového modelu v programe SCIA Engineer.

Ďakujem doc. Ing. Jiřímu Brožovskému, Ph.D. za výpomoc pri vypracovaní predloženej bakalárskej práce.

Anotácia

KONŠTIAK, Viktor. Statická analýza lepenej lamelovej konštrukcie krovu. Ostrava 2017. Bakalárska práca. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Vedúci bakalárskej práce doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.

Bakalárska práca sa zaoberá nosnou konštrukciou zastrešenia samostatne stojaceho stavebného objektu hotelu Bauer, využívaného ako rekreačné centrum. Cieľom je vytvorenie numerického modelu v programu SCIA Engineer na základe obdržanej projektové dokumentácie. Ďalej práca obsahuje návrh a posúdenie hlavných nosných prvkov a vybraných spojov podľa aktuálnych platných noriem ČSN EN. Súčasťou práce je základná projektová dokumentácia konštrukcie a ich spojov.

Kľúčové slová

Konštrukcia krovu, výpočtový model, analýza, návrh, posúdenie, lepené lamelové drevo, rastlé drevo.

Annotation

The bachelor thesis deals with the supporting structure of the roofing of the detached building of the Hotel Bauer, used as a recreation center. The aim is to create a numerical model in the SCIA Engineer based on the received project documentation. Further thesis contains design and assessment of the main supporting elements and selected joints according to the current standards ČSN EN. Part of the thesis is the basic design documentation of the structure and its joints.

Key words

Roof construction, computational model, analysis, design, assessment, glued laminated wood, grown wood

Obsah

Zoznam použitých značiek.....	10
Úvod.....	13
1. Vplyvy na strešné konštrukcie	14
1.1 Premenlivosť zaťaženia v čase	15
1.2 Charakteru odozvy konštrukcie	15
2. Popis strešnej konštrukcie.....	16
2.1 Nosná konštrukcia	16
2.2 Výstužná konštrukcia	16
2.3 Fotografie objektu.....	17
3. Výpočtový model.....	19
4. Výpočet zaťaženia.....	21
4.1 Stále zaťaženie.....	21
4.2 Zaťaženie snehom.....	23
4.2.1 Výpočet zaťaženia snehom pre tvarový súčiniteľ μ_1	24
4.2.2 Výpočet zaťaženia pre odviaty sneh	24
4.2.3 Výpočet zaťaženia snehom v mieste hromadenia	25
4.3 Zaťaženie vetrom.....	27
4.3.1 Výpočet tlaku vetru na strešnú konštrukciu	29
5. Výpočet modulu posunutia	31
5.2 Krokva K1	32
5.3 Krokva K2	32
5.4 Krokva KL.....	32
6. Vzorce	33
6.1 Vzorce pre MSÚ	33
6.1.1 Tlak rovnobežne s vláknami	33
6.1.2 Ohyb.....	33
6.1.3 Šmyk.....	33
6.1.4 Kombinácia ohybu a osového tlaku	34
6.1.5 Klopenie	34
6.1.6 Odtlačenie oceľového plechu.....	35
6.2 Vzorce pre MSP.....	36

7.	Návrh a posúdenie hlavných nosných prvkov	37
7.1	Trieda trvania zaťaženia	37
7.2	Výpočet návrhových odolností materiálu.....	38
7.2.1	Lepené lamelové drevo GL28C	38
7.2.2	Rastlé drevo C24	39
7.3	Posudok krokvy K1, K2	40
7.3.1	Vlastnosti.....	40
7.3.2	Vnútorne sily	41
7.3.3	Výpočet napätia.....	41
7.3.4	Posudok MSÚ	42
7.3.5	Posudok MSP	44
7.4	Posudok klieštiny KL	45
7.4.1	Vlastnosti.....	45
7.4.2	Vnútorne sily	46
7.4.3	Výpočet napätia.....	46
7.4.4	Posúdenie	47
7.4.5	Posudok klieština MSP.....	49
7.5	Posudok vlašská sústava väzníc VZ	50
7.5.1	Vlastnosti : väznica	50
7.5.2	Vnútorne sily	51
7.5.3	Výpočet napätia.....	51
7.5.4	Posúdenie	52
7.5.5	Posudok väznica MSP	54
8.	Návrh a posudok spojov.....	55
8.1	Návrh a posudok svorníkov pre krokvu K1.....	55
8.1.2	Otlačenie styčného plechu.....	58
8.2	Návrh a posudok svorníkov pre klieštinu KL.....	59
8.2.2	Otlačenie styčného plechu.....	62
8.3	Návrh a posudok svorníkov pre krovu K2.....	63
8.3.1	Otlačenie styčného plechu.....	65
9.	Záver	66
10.	Zoznam použitej literatúry	67
11.	Zoznam obrázkov a tabuliek	68
12.	ZOZNAM PRÍLOH	69

Zoznam použitých značiek

- Písmená veľkej latinskej abecedy

A	plocha prierezu
A_{ef}	efektívna plocha
C_e	súčiniteľ expozície
C_t	tepelný súčiniteľ
$E_{0,05}$	hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti
E_d	návrhová hodnota modulu pružnosti
E_{mean}	priemerná hodnota modulu pružnosti
F_c	sila v tlaku
F_d	návrhová sila
$F_{v,Ed}$	návrhová šmyková sila na jeden strih jedného spojovacieho prostriedku
$F_{v,Rd}$	návrhová šmyková únosnosť pre jeden strih jedného spojovacieho prostriedku
$F_{v,Rk}$	charakteristická šmyková únosnosť pre jeden strih jedného spojovacieho prostriedku
$G_{k,j}$	charakteristická hodnota j – tého stáleho zaťaženia
$I_v(z)$	intenzita turbulencie vetra
I_y	moment zotrvačnosti k ose y
I_z	moment zotrvačnosti k ose z
K_{ser}	modul posunutia pre medzný stav použiteľnosti
K_u	okamžitý modul posunutia pre medzný stav únosnosti
L	dĺžka prvku
M_{Ed}	návrhový moment
M_{Rd}	návrhová únosnosť v ohybe
$M_{y,Rk}$	charakteristický plastický moment únosnosti spojovacieho prostriedku
N_{Ed}	návrhová osová sila
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnosť v ťahu
Q_k	charakteristická hodnota premenného zaťaženia
R^2	rezonančná časť odozvy
$S_L(z,n)$	jednostranné spektrum rozptylu
T	doba integrácie pri stanovení strednej rýchlosti vetra
w_{creep}	deformácia od dotvarovania
w_{fin}	konečná deformácia
$w_{fin,G}$	konečná deformácia pre stále zaťaženie G
$w_{fin,Q}$	konečná deformácia pre premenné zaťaženie Q
w_{inst}	okamžitá deformácia
$w_{inst,G}$	okamžitá deformácia pre stále zaťaženie G
$w_{inst,Q}$	okamžitá deformácia pre premenné zaťaženie Q
V_{Ed}	návrhová posúvajúca sila
W_y	prierezový modul k ose y
W_z	prierezový modul k ose z

- Písmena malej latinskej abecedy

b	šírka
b_{ef}	efektívna šírka prvku
b_k	šírka konštrukcie
c_d	dynamický súčiniteľ
c_{dir}	súčiniteľ smeru vetra
c_f	súčiniteľ sily
$c_o(z)$	súčiniteľ orografie
$c_r(z)$	je súčiniteľ drsnosti terénu
c_s	súčiniteľ veľkosti konštrukcie
c_{season}	súčiniteľ ročného obdobia
d	priemer
$f_{c,0,d}$	návrhová pevnosť v tlaku rovnobežne s vláknami
$f_{c,0,k}$	charakteristická pevnosť v tlaku rovnobežne s vláknami
$f_{m,d}$	návrhová pevnosť v ohybe
$f_{m,k}$	charakteristická pevnosť v ohybe
$f_{t,0,d}$	návrhová pevnosť v ťahu rovnobežne s vláknami
$f_{t,0,k}$	charakteristická pevnosť v ťahu rovnobežne s vláknami
$f_{v,k}$	charakteristická pevnosť vo šmyku
$f_{v,d}$	návrhová pevnosť vo šmyku
f_y	charakteristická hodnota medze klzu
$f_{y,d}$	návrhová hodnota medze klzu
h	výška
h_k	výška konštrukcie
i_y	polomer zotrvačnosti k ose y
i_z	polomer zotrvačnosti k ose z
$k_{c,90}$	súčiniteľ zohľadňujúci usporiadanie zaťaženia, možnosť štiepenia a stupeň deformácie v tlaku
$k_{c,y}$ alebo $k_{c,z}$	súčiniteľ vzperu
k_{cr}	súčiniteľ trhlin pre únosnosť vo šmyku
k_{crit}	súčiniteľ používaný pre prečnu a torznú stabilitu
k_{def}	súčiniteľ dotvarovania
k_m	súčiniteľ zohľadňujúci redistribúciu ohybových napätí v priereze
k_{mod}	modifikačný súčiniteľ zohľadňujúci vplyv trvania zaťaženia a vlhkosti
k_r	súčiniteľ terénu
l_{ef}	účinná dĺžka
n	premenná
n_{ef}	účinný počet spojovacích prostriedkov
q_p	maximálny dynamický tlak vetra
s_k	charakteristická hodnota zaťaženia snehom na zemi
t	hrúbka
v_b	základná rýchlosť vetra
v_m	stredná rýchlosť vetra
$v_m(z)$	stredná rýchlosť vetra
w_c	nadvýšenie

w_{creep}	prieťah od dotvarovania
w_{fin}	konečný prieťah
w_{inst}	okamžitý prieťah
$w_{\text{net,fin}}$	čistý konečný prieťah
z	výška nad zemou
z_0	parameter drsnosti terénu
z_s	referenčná výška pre stanovenie súčiniteľa konštrukcie

- Písmená malej gréckej abecedy

α	uhol medzi silou a smerom vlákien, uhol medzi smerom zaťaženia a zaťaženým okrajom (alebo koncom), uhol
γ_m	dielčí súčiniteľ vlastnosti materiálu, v ktorom sú uvážené modelové neistoty a premennosť prierezu
γ_{M0}	dielčí súčiniteľ spoľahlivosti materiálu
γ_{M2}	dielčí súčiniteľ spoľahlivosti materiálu oslabeného otvormi
$\lambda_{\text{rel,y}}$	pomerný štíhlostný pomer zodpovedajúci ohybu okolo osi y
$\lambda_{\text{rel,z}}$	pomerný štíhlostný pomer zodpovedajúci ohybu okolo osi z
λ_y	štíhlostný pomer zodpovedajúci ohybu okolo osi y
λ_z	štíhlostný pomer zodpovedajúci ohybu okolo osi z
μ_1	tvarový súčiniteľ
ρ	merná hustota vzduchu, doporučená hodnota 1,25 kg/m ³
ρ_k	charakteristická hustota
ρ_m	priemerná hustota spojovaného dreveného prvku
$\sigma_{c,0,d}$	návrhové napätie v tlaku rovnobežne s vláknami
$\sigma_{c,90,d}$	návrhové napätie v tlaku kolmo na vlákna
$\sigma_{m,y,d}$	návrhové napätie v ohybu ku hlavnej ose y
$\sigma_{m,z,d}$	návrhové napätie v ohybu ku hlavnej ose z
$\sigma_{t,0,d}$	návrhové napätie v ťahu rovnobežne s vláknami
τ_d	návrhové napätie vo šmyku
φ	súčiniteľ plnosti
ψ_0	súčiniteľ pre kombinačnú hodnotu premenného zaťaženia
ψ_2	súčiniteľ pre kvazistálu hodnotu premenného zaťaženia

Úvod

Strešné konštrukcie objektov patria medzi najexponovanejšie časti stavebného objektu. Obecne pozostávajú z nosnej konštrukcie a strešného plášťa, kde ich správnosť návrhu a zhotovenia priamo ovplyvňuje trvanlivosť a životnosť celej stavby. Základnou funkciou strechy je chrániť objekt proti nepriaznivým klimatickým vplyvom a tak zabezpečiť požadovaný stav vnútorného prostredia v objekte.

Cieľom bakalárskej práce bolo navrhnúť a posúdiť hlavné nosné prvky strešného plášťa a vybraných spojov stavby občianskej výstavby, samostatne stojaceho objektu hotela Bauer, ktorí sa nachádza pri lyžiarskom stredisku Bíla v Beskydoch . Jedná sa o čiastočne podpivničený dvojpodlažný monolitický objekt s využiteľným podkrovím, využívaný ako rekreačné centrum s vybavením wellness , posilňovne a športovej haly. V objekte sa nachádza výtah ktorý umožňuje bezbariérový pohyb v objekte.

Pre vytvorenie 3D osového modelu konštrukcie krovu bol použitý program Auto CAD 2016. Program SCIA Engineer bol použitý na zobrazenie výpočet vnútorných síl a zobrazenie obalových kriviek. Výpočet bol vykonaný podľa aktuálnych noriem ČSN EN, kde navrhnuté a posúdené nosné prvky predstavujú krokvy, klieštiny, vlašská sústava väzníc a vybrané spoje. Súčasťou práce je vyhotovenie projektovej dokumentácie a detaily vybraných spojov.

1. Vplyvy na strešné konštrukcie

Strechy obecné náležia medzi najzložitejšie stavebné konštrukcie, zrejme preto, že ich poruchy či vady sa pomerne rýchlo prejavajú a vyžadujú obvykle okamžitú opravu, napríklad ak dochádza k zatekaniu do objektu. Závady striech sa neprejavujú len zatekaním, ale taktiež zvýšenou kondenzáciou vodnej pary vo vnútri konštrukcie, čo napomáha tvorbe drevokazných húb a hmyzu. Podľa využitia podstrešného priestoru pribúdajú ďalšie aspekty, ktoré pôsobia na strešnú konštrukciu.

Všetky stavebné konštrukcie by mali spĺňať požiadavky podľa vyhlášky MMR2/2009 Sb., o technických požiadavkách na stavby a to :

- mechanická odolnosť a stabilita
- požiarne bezpečnosť
- ochrana zdravia, životných podmienok a životného prostredia
- ochrana proti hluku
- tepelnú ochranu a úsporu energie
- bezpečnosť pri užívaní

Rozhodujúce vplyvy, ktoré je potrebné zohľadniť pri návrhu nosnej konštrukcie a strešného plášťa sú :

- zemepisná poloha a s ňou spojené charakteristiky vonkajšieho prostredia (teplota vonkajšieho vzduchu, sneh, vietor, intenzita dažďa a slnečného žiarenia, seizmicita a pod.)
- chemické exhalácie, biologické a bakteriologické vplyvy
- vplyv vlastnej tiaže konštrukcie a sklonu strechy
- vplyv vonkajšej a vnútornej prevádzky (zaťaženie od prevádzky, požiarne bezpečnosť, a pod.)

Tieto vplyvy sa líšia :

- intenzitou, dĺžkou pôsobenia
- použitý konštrukčný systém
- záleží na konkrétnom umiestnení
- využitie objektu

1.1 Premenlivosť zaťaženia v čase

a) Stále zaťaženie (G)

- pôsobí v referenčnom čase a pre ktoré je zmena veľkosti v čase zanedbateľná
- patrí tu vlastná tiaž konštrukcie a pevných zariadení, nepriame zaťaženia vyvolané nerovnomerným sadaním

b) Premenné zaťaženie (Q)

- zaťaženie, pre ktoré nie je zmena zanedbateľná ani monotónna
- patrí tu úžine zaťaženie objektu, klimatické zaťaženia

c) Mimoriadne zaťaženie (A)

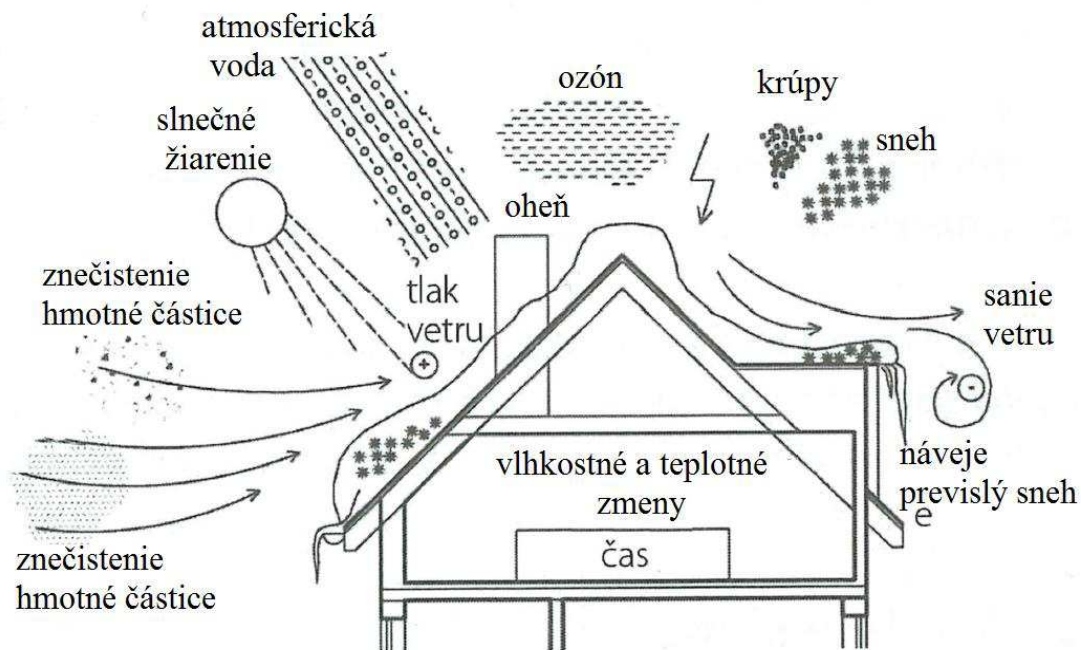
- zaťaženie obvykle s krátkeho trvania s nepravidelným výskytom a významnou veľkosťou
- vo svojich dôsledkoch môžu byť katastrofické – zemetrasenie, požiar, výbuch, náraz

1.2 Charakteru odozvy konštrukcie

a) Statické zaťaženie – zaťaženie, ktoré nespôsobuje významné zrýchlenie konštrukcie

b) Dynamické zaťaženie - zaťaženie, ktoré spôsobuje významné zrýchlenie konštrukcie.

Vo väčšine prípadov je možné dynamické účinky nahradiť kvázi statickým zaťažením a jeho prenasobením tzv. dynamickým súčiniteľom. Medzi tieto zaťaženia patria napr. zaťaženie mostov dopravou, zaťaženie vyvolané strojmi, dynamická zložka zaťaženia vetrom, zemetrasenie



Obrázok 1: Atmosférické vplyvy na strešné konštrukcie [1]

2. Popis strešnej konštrukcie

Objekt je obdĺžnikového pôdorysu 41,7 m dĺžky a 9,2m šírky a výšky . Strecha má sedlový tvar so sklonom 45 stupňov s čiastočným presklenením štítových stien. Nosná konštrukcia krovu pozostáva z plných, prázdnych väzieb a vlašskej sústavy väzníc. Osová vzdialenosť plnej a prázdnej väzby je 2,3m až 2,5m. Plnú väzbu tvorí krokva K1 a klieština KL, vyrobené z lepeného lamelového dreva GL28c. Krovky sú navzájom spojené v mieste hrebeňa strechy radovo usporiadanými svorníkmi. Krokva K1 a klieština KL sú spojené spolu so svorníkmi a stredovým oceľovým plechom v mieste uloženia. Stredový oceľový plech je pri zváraný k ďalším oceľovým plechom a spolu tvoria tuhý styčník, ktorý je kotvený do obvodovej železo-betónovej steny objektu pomocou chemických kotiev Hilti. Krovka K2 sú spojené spolu so svorníkmi a dvoma vonkajšími oceľovými plechmi v mieste uloženia. spolu tvoriaci oceľový styčník kotvený do obvodovej steny. Vlašská sústava je tvorená prvkami obdĺžnikového prierezu z rastlého dreva tvoriac dvoj polové nosníky so svetlím rozpätím 2,3m až 2,5m. a osovou vzdialenosťou 0,66 m.

2.1 Nosná konštrukcia

Nosnú časť konštrukcie je možné rozdeliť do troch dielčích vzájomne spolupôsobiacich častí z hľadiska materiálu a to na :

- Nosná drevená konštrukcia sú prosté nosníky z drevených lepených lamelových prvkov a rezaných prvkov.
- Nosná oceľová konštrukcia pozostáva z oceľových plechov v styčníkoch prenášajúcich vnútorné sily od drevenej časti konštrukcie do podpory
- Nosná železo-betónová konštrukcia , tvoria ju monolitické steny objektu , ktoré umožňujú kotvenie oceľovej časti konštrukcie a tak prenášať zaťaženie z vrchnej stavby.

2.2 Výstužná konštrukcia

Ich funkciou je tvoriť výstužnú konštrukciu k napomáhaniu priestorovej stabilite a celkovej tuhosti konštrukcie . Vystuženie je tvorené drevenými prvkami (výstuhami) v štyroch poliach strešnej konštrukcie. Zaistenie proti klopeniu zabezpečuje uloženie nosníka a v tlačenej oblasti debnením. K celkovej stabilite taktiež prispieva plošné debnenie tvorené dreveným záklopom v rovine strešnej konštrukcie.

2.3 Fotografie objektu



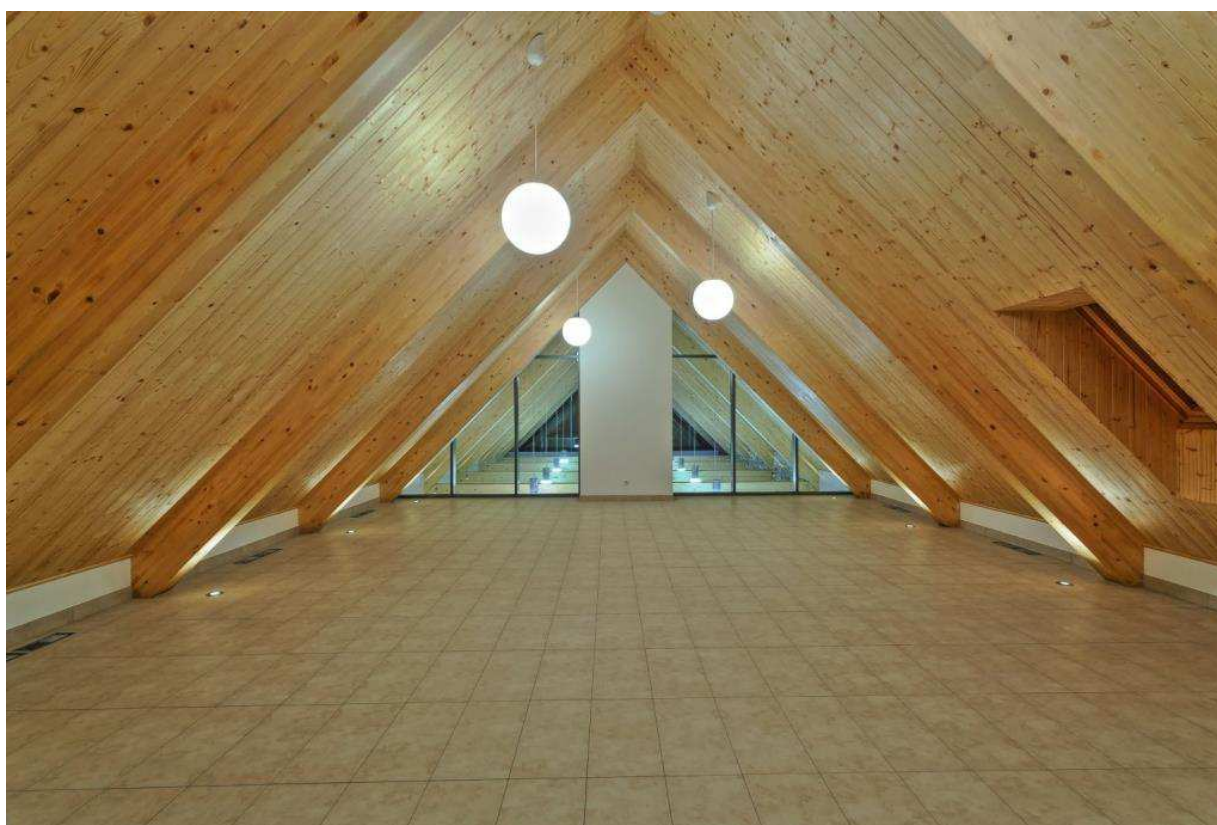
Obrázok 2: Pozdĺžny pohľad na riešenu konštrukciu [2]



Obrázok 3: Priečny pohľad na riešený objekt [2]



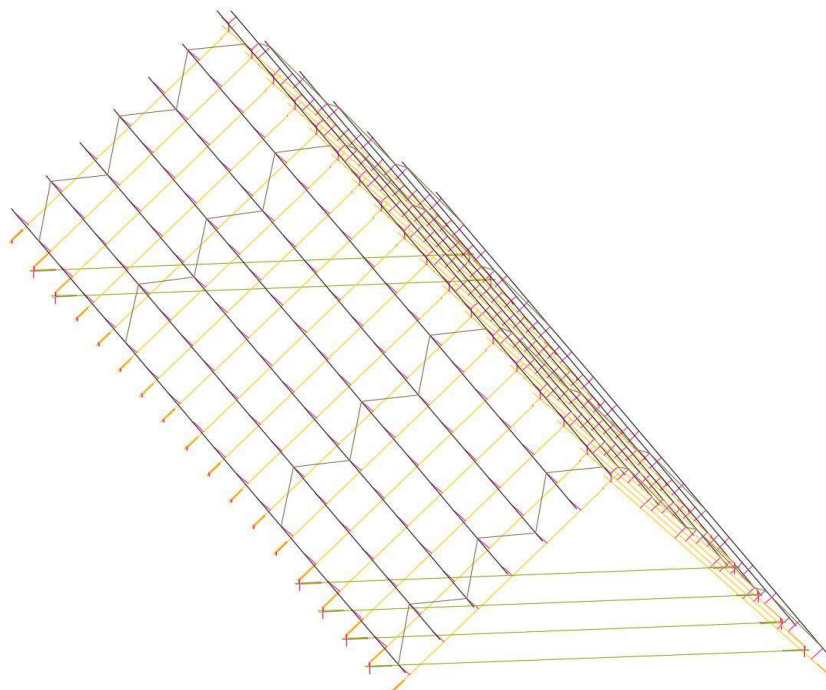
Obrázok 4: Interiér objektu - wellness priestor [2]



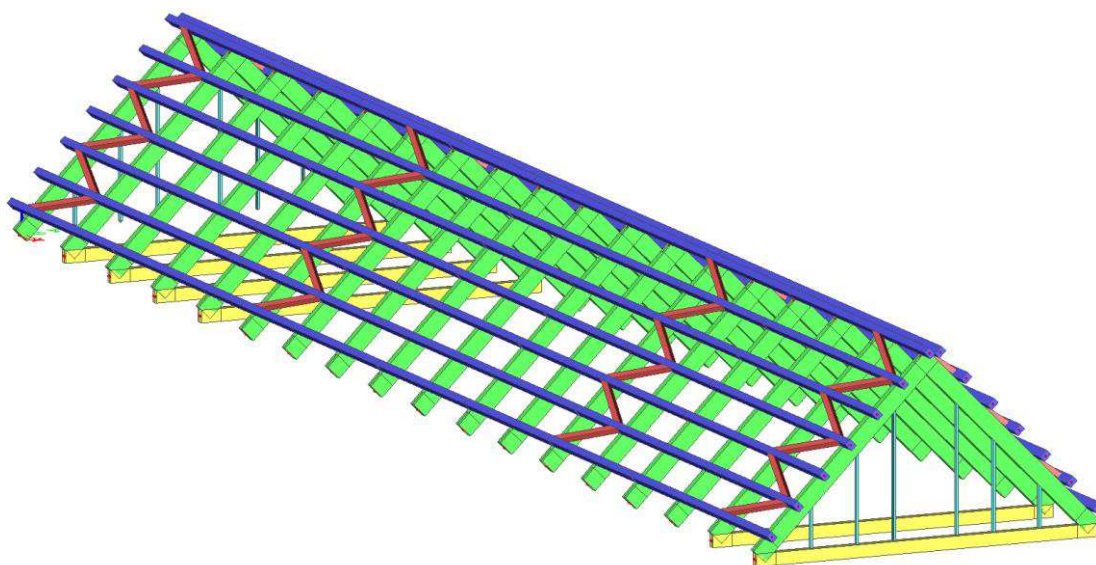
Obrázok 5: Interiér objektu - podkrovie [2]

3. Výpočtový model

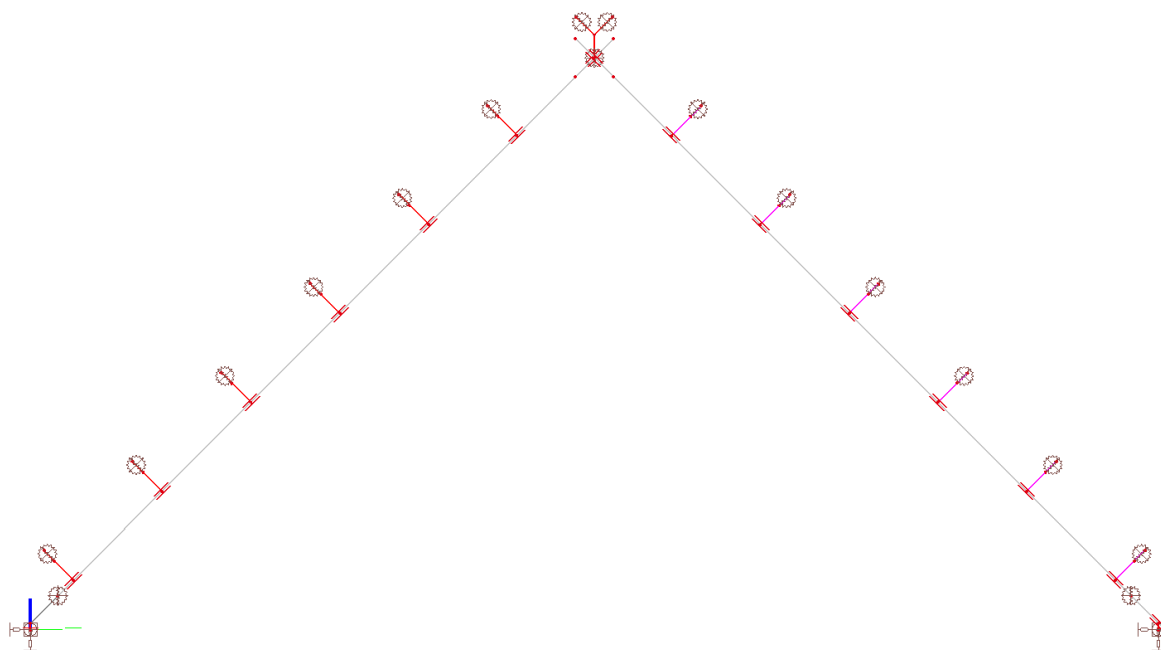
Výpočtový model strešnej konštrukcie bol v prvom rade zhotovený ako 3-D model v programe Auto CAD. Následne bol importovaný do programu SCIA Engineer, kde bol prevedený na výpočtové prútové konečné prvky, kde materiál a rozmery odpovedali jednotlivým konštrukčným prvkom. Daný model je počítaný ako geometricky nelineárna konštrukcia, s ohľadnutím na modul posunutia v spojovacích prostriedkoch .



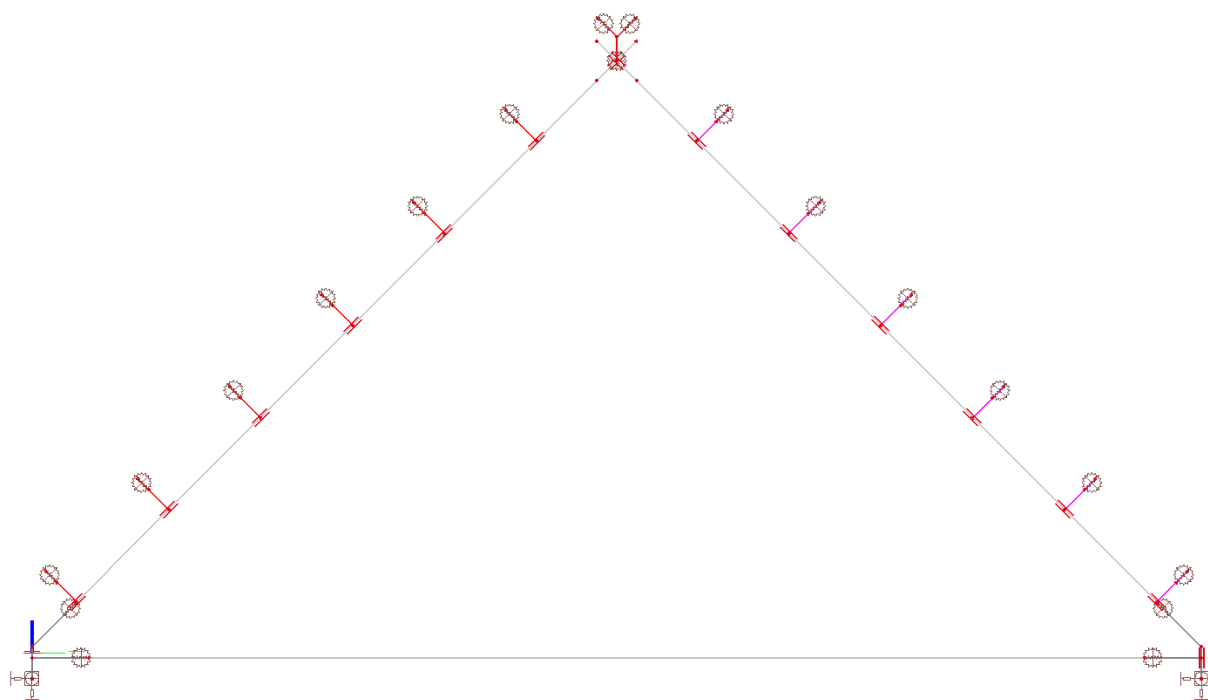
Obrázok 6: 3D model v systéme Auto CAD



Obrázok 7: Výpočtový model v programe SCIA Engineer



Obrázok 8: Priechny pohľad na statickú shému výpočtového modelu pre prázdnu väzbu



Obrázok 9: Priechny pohľad na statickú shému výpočtového modelu pre plnú väzbu

4. Výpočet zaťaženia

4.1 Stále zaťaženie

Výpočet bol zhotovený podľa normy ČSN EN 1991-1-1 [4]. Stále zaťaženie predstavuje zaťaženie vlastnou tiažou použitých konštrukčných prvkov. Hmotnosť prvkov (krokva, väznica, klieštiny, rozpery, fasádne profily) je generovaná automaticky v programe SCIA Engineer.

Tab. 1.1 - Stále zaťaženie - stesný plášť SPI

POPIS	ROZTEČ [m]	B [m]	H [m]	[kg/m ² (3)]	g _k [kN/m]
PLECHOVÁ FALCOVANÁ KRYTINA - 0.7mm	1	1	1	10	0,100
SEPARAČNÁ ROHOŽ - 5mm	1	1	1	5	0,050
DEBNENIE - 25 mm	1	1	0,025	500	0,125
LATY - 60x60	0,6	0,06	0,06	500	0,030
DIFÚZNÁ HYDROIZO. FÓLIA - 5mm	1	1	1	3	0,030
TEPELNÁ IZOLÁCIA - minerálna vlna	1	1	0,1	40	0,040
TEPELNÁ IZOLÁCIA - minerálna vlna	1	1	0,22	40	0,088
TEPELNÁ IZOLÁCIA - nosný rošt	1	1	0,04	60	0,024
KONTRALATY - 80x60	0,930	0,08	0,06	500	0,026
VAZNICA - 930 mm	0,930	0,16	0,22	500	0,189
KROKVA - 2500 mm	2,5	0,18	0,4	500	0,144
ASFALTOVÝ PÁS - AL + skelná rohož	1	1	0,009	1250	0,113
OSB - 22 mm	1	1	0,022	640	0,141
ROŠT - 80x40	0,625	0,08	0,04	500	0,026
SDK - protipožárny	1	1	0,0125	1200	0,150
ROŠT - 50x30	0,565	0,05	0,03	500	0,013
PODHLADOVÉ DEBNENIE - (smrekovec opadavý)	1	1	0,019	500	0,095
PODVESNÉ ZAŤAŽENIE	1	1	1	10	0,100
STÁLÉ ZAŤAŽENIE				Σ	1,483 [kN/m]
STÁLÉ ZAŤAŽENIE (bez krokvý)				Σ	1,150 [kN/m]

Tab. 1.2 - Stále zaťaženie - stešný plášť SP2

POPIS	ROZTEČ [m]	B [m]	H [m]	[kg/m ² (3)]	g _k [kN/m]
PLECHOVÁ KRYTINA - titanínok 0.7mm	1	1	1	7	0,070
LATOVANIE - 50x50	1	0,05	0,05	500	0,013
KONTRALATY - 40x40	1	0,04	0,04	500	0,008
POJISTNÁ HYDROIZOLAČNÁ FÓLIA	1	1	1	1	0,010
ROŠT - 40x80	1	0,04	0,08	500	0,016
TEPELNÁ IZOLACE - ORSIL S	1	1	0,06	175	0,105
TEPELNÁ IZOLACE - ORSIL T	1	1	0,14	160	0,224
VAZNICE - 1.25	1,25	0,16	0,22	500	0,141
ROŠT - 40x80	0,6	0,06	0,04	500	0,020
PAROZÁBRANA	1	1	1	1	0,010
POHLEDOVÁ PRKNA	1	1	0,019	500	0,095
AKUSTICKÝ PODHLAD + ROŠT	1	1	1	15	0,150
PODVĚSNÉ ZATÍŽENÍ	1	1	1	15	0,150
ROZPĚRY	3,4	0,18	0,24	500	0,064
<div> <div>STÁLÉ ZATAŽENIE</div> <div>Σ</div> <div>1,075</div> <div>[kN/m]</div> </div>					
<div> <div>STÁLÉ ZATAŽENIE (bez väznice)</div> <div>Σ</div> <div>0,871</div> <div>[kN/m]</div> </div>					

Tab. 1.3 Stále zaťaženie - stešný plášť SP3

POPIS	ROZTEČ [m]	B [m]	H [m]	[kg/m ² (3)]	g _k [kN/m]
KRYTINA - mPVC fólia	1	1	1	5	0,050
TEPELNÁ IZOLACE - ORSIL S	1	1	0,06	175	0,105
TEPELNÁ IZOLACE - ORSIL T	1	1	0,12	160	0,192
PAROZÁBRANA - asfaltový pás	1	1	1	5	0,050
ZÁKLUP	1	1	0,024	500	0,120
VAZNICE	1,25	0,16	0,22	500	0,141
ROZPERY	3,4	0,18	0,24	500	0,064
AKUSTICKÝ PODHLAD	1	1	1	15	0,150
PODVĚSNÉ ZATAŽENIE	1	1	1	15	0,150
<div> <div>STÁLÉ ZATAŽENIE</div> <div>Σ</div> <div>1,021</div> <div>[kN/m]</div> </div>					
<div> <div>STÁLÉ ZATAŽENIE (bez väznice)</div> <div>Σ</div> <div>0,817</div> <div>[kN/m]</div> </div>					

4.2 Zat'azenie snehom

Výpočet bol zhotovený podľa normy ČSN EN 1991-1-3 [5]. Zat'azenie striech je odvodené z tiaže snehu na povrchu zeme a musí sa uvažovať ako premenlivé pevné statické zat'azenie. Stavba sa nachádza v pohorí Beskýd u obce Staré Hamry. Strecha objektu má sedlový tvar so sklonom 45 stupňov, pričom je bránené zosunu snehu, použitím protisnehových líniových prvkov. Výpočet uvažuje zat'azovacie stavy, kde nastane odvatie snehu z jednej aj z druhej strany strechy. Vyčnievajúce časti stavby v pôdoryse majú za následok výnimočné hromadenie snehu na určitej časti strešnej oblasti, ktoré prispieva veľkosti zat'azenia snehom. Zat'azenie snehom vo výpočtovom modeli bolo zadané ako zat'azovací panel, s prihliadnutím na miesto hromadenia snehu.

- Charakteristická hodnota zat'azenia S_k

Určuje tiaž snehu na povrchu zeme. Požadovanú hodnotu je možné určiť z mapy snehových oblastí pre územie ČR, zatriedením do I. až VIII. skupiny zat'azenia, alebo presnejšiu výpočtovú hodnotu zat'azenia je možné získať na internetovej stránke ČHMÚ [1].

Snehová oblasť : VII.	$S_{k, \text{mapa}} = 4,0$	[kN/m ²]
Český hydrometeorologický ústav :	$S_{k, \text{ČHMÚ}} = 3,47$	[kN/m ²]

Vybraná hodnota pre výpočet charakteristického zat'azenia:

$$\rightarrow S_k = 3,47 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

- Súčiniteľ expozície : $C_e = 1,0$ [-]

Vzhľadom na okolie stavby je objekt zaradený do kategórie normálnej expozície , kde nie je jednoduché premiestnenie snehu vplyvom vetra.

- Teplotný súčiniteľ : $C_t = 1,0$ [-]

Požíva sa na redukciu zaťaženia snehom na strechách pri ktorých dochádza k topeniu snehu vplyvom vysokého prestupu tepla z interiéru budovy. Zastrešenie objektu predstavuje nízky prestup tepla konštrukciou, na základne ktorého bol vybraný teplotný súčiniteľ.

- Tvarový súčiniteľ μ_1

Súčiniteľ μ_1 pre normálne podmienky sedlovej strechy sú definované vid' tab. 3. Strešná konštrukcia obsahuje líniové zachytávače snehu, čo znamená že súčiniteľ μ_1 nesmie klesnúť pod hodnotu 0,8.

Tab. 3. Tvarový súčiniteľ μ

uhol skolu strechy α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60-\alpha)/30$	0

Sklon strechy : $\alpha = 45^\circ$

Vypočítaný tvarový súčiniteľ : $\rightarrow \mu_1 = 0,8$ [-]

4.2.1 Výpočet zaťaženia snehom pre tvarový súčiniteľ μ_1

$$S_{k1} = S_k \times C_e \times C_t \times \mu_1 \quad (4.1)$$

$$S_{k1} = 3,47 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,8$$

$$S_{k1} = 2,78 \quad [\text{kN/m}^2]$$

4.2.2 Výpočet zaťaženia pre odviaty sneh

Sneh po celej dĺžke :

I. stav

2,78	2,78
------	------

 $[\text{kN/m}^2]$

Odviaty sneh :

II. stav

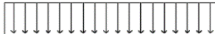
1,39	2,78
------	------


 $[\text{kN/m}^2]$


III. stav

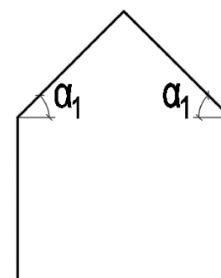
2,78	1,39
------	------

 $[\text{kN/m}^2]$

I. $\mu_1(\alpha_1)$ 

II. $\mu_1(\alpha_1)$  $0,5\mu_1(\alpha_1)$

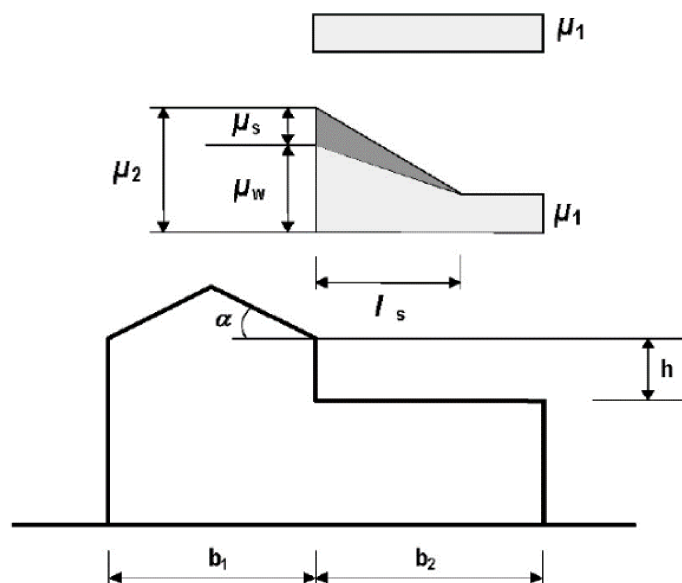
III. $0,5\mu_1(\alpha_1)$  $\mu_1(\alpha_1)$



Obrázok 10: Schéma zaťaženia snehom pre sedlové strechy

4.2.3 Výpočet zaťaženia snehom v mieste hromadenia

Tvarový súčiniteľ μ_2 vypočítaný podľa vzorca (4.5), pre strechy susediace a priliehajúce k vyšším stavbám.



Obrázok 11: Tvarový súčiniteľ zaťaženia snehom pre strechy priliehajúcim k vyšším stavbám

- Súčiniteľ μ_s

Súčiniteľ μ_s je tvarový súčiniteľ zaťaženia snehom zohľadňujúci zosuv snehu z hornej strechy. Stanoví sa podľa vzorca (4.3), ako prídavné zaťaženie o veľkosti 50% maximálneho celkového zaťaženia snehom na príľahlom sklonu vyššej strechy.

$$\mu_s = 0,5 \times \mu_1 \quad (4.3)$$

$$\mu_s = 0,5 \times 0,8$$

$$\mu_s = 0,4 \quad [-]$$

- Súčiniteľ μ_w

Súčiniteľ μ_w je tvarový súčiniteľ zaťaženia snehom zohľadňujúci pôsobenie vetru na konštrukciu.

$$\mu_w = (b_1 + b_2) / 2h \leq \gamma h / s_k \quad (4.4)$$

$$\mu_w = (9,4 + 1,7) / 2 \times 4,8 \leq 2 \times 4,8 / 2,78$$

$$\mu_w = 1,16 \leq 3,45$$

- Tvarový súčiniteľ μ_2

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w \quad (4.5)$$

$$\mu_2 = 0,4 + 1,16$$

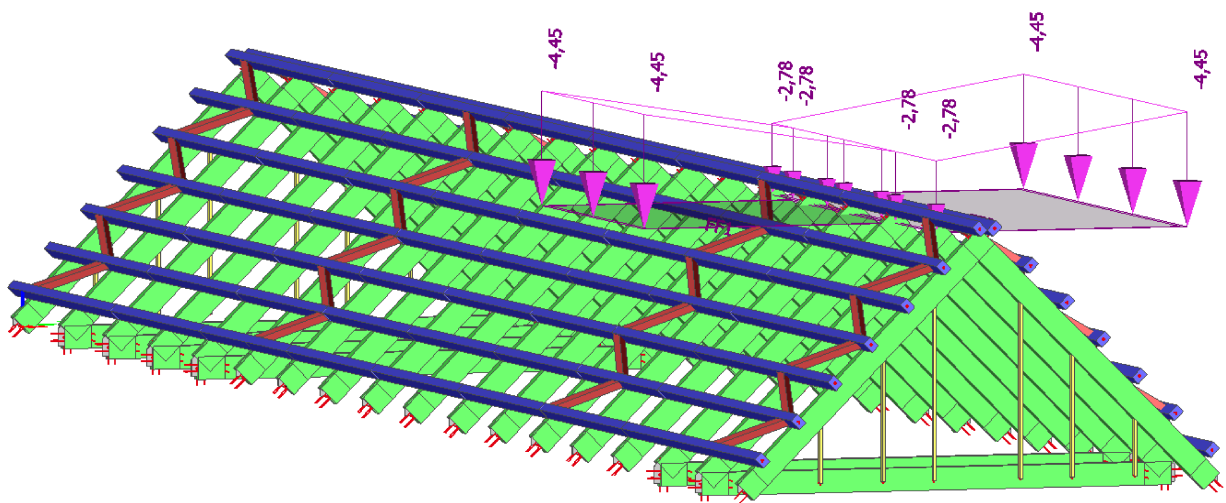
$$\mu_2 = 1,56$$

$$\rightarrow \mu_2 = 1,6$$

- Výpočet zaťaženia snehom pre tvarový súčiniteľ μ_2

$$S_{k2} = S_k \times C_e \times C_t \times \mu_2 \quad (4.6)$$

$$S_{k2} = 4,45 \quad [\text{kN/m}^2]$$



Obrázok 12: Zataženie snehom v mieste hromadenia snehu

4.3 Zat'azenie vetrom

Výpočet bol zhotovený podľa normy ČSN EN 1991-1-3 [5].

Objekt sa nachádza 545 m.n.m. Bpv a patrí do štvrtej veternej oblasti.

- Hustota vzduchu $\rho = 1,25$ [kg/m³]
- Základná rýchlosť vetru $V_{b,0} = 30,0$ [m/s]
- Súčiniteľ smeru vetru $C_{dir} = 1,0$ [-]
- Súčiniteľ ročného obdobia $C_{season} = 1,0$ [-]

- Výpočet rýchlosti vetru

$$V_b = V_{b,0} \times C_{dir} \times C_{season} \quad (4.7)$$

$$V_b = 30 \times 1,0 \times 1,0$$

$$V_b = 30 \text{ [m/s]}$$

- Kategória terénu

→ Daný objekt patrí do II. Kategorie terénu.

- Výška nad zemou $z = 11,6$ [m]
- Parameter drsnosti terénu $z_0 = 0,3$ [m]
- Minimálna výška $z_{min} = 5,0$ [m]
- Terén kategórie II. $z_{0,II} = 0,05$ [m]

- Súčiniteľ terénu $k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} \quad (4.8)$

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07}$$

$$k_r = 0,215 \text{ [-]}$$

- Súčiniteľ drsnosti terénu

$$c_{r(z)} = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (4.9)$$

$$c_r = 0,787 \text{ [-]}$$

- Súčiniteľ ortografie $C_0(z) = 1,0$ [-]

- Súčiniteľ turbulencie $k_I = 1,0$ [-]

- Charakteristická stredná rýchlosť vetru

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b \quad (4.10)$$

$$v_m(z) = 0,787 \times 1,0 \times 30$$

$$v_m(z) = 23,62 \quad [\text{m/s}]$$

- Intenzita turbulencie

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_{0(z)} \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} \quad (4.11)$$

$$I_v(z) = \frac{1,0}{1,0 \times \ln\left(\frac{11,6}{0,3}\right)}$$

$$I_v(z) = 0,274 \quad [-]$$

- Základný dynamický tlak vetra

$$q_b(z) = 0,5 \times \rho \times v_m^2 \quad (4.12)$$

$$q_b(z) = 0,5 \times 1,25 \times 23,62^2$$

$$q_b(z) = 0,563 \quad [\text{kN/m}^2]$$

- Maximálny charakteristický tlak

$$q_k(z) = [1 + 7 \times I_v(z)] \times 0,5 \times \rho \times v_m^2 \quad (4.13)$$

$$q_k(z) = [1 + 7 \times 0,274] \times 0,5 \times 1,25 \times 23,62^2$$

$$q_k(z) = 1,377 \quad [\text{kN/m}^2]$$

- Súčiniteľ expozície

$$C_e(z) = C_r(z)^2 \times C_0(z)^2 \times [1 + 7 \times I_v(z)] \quad (4.14)$$

$$C_e(z) = 0,787^2 \times 1,0^2 \times [1 + 7 \times 0,274]$$

$$C_e(z) = 2,447 \quad [-]$$

4.3.2 Výpočet tlaku vetru na strešnú konštrukciu

Tab.4 - Súčinitele vonkajšieho tlaku vetra $C_{pe,10}$

Priečny vietor					Pozdĺžny vietor				
zvislé steny		strešné plochy			zvislé steny		strešné plochy		
oblasť	$c_{pe,10}$ [-]	oblasť	$c_{pe,10}$ [-]		oblasť	$c_{pe,10}$ [-]	oblasť	$c_{pe,10}$ [-]	
A	-1,20	F	0,0	0,70	A	-1,20	F	-1,1	
B	-0,80	G	0,0	0,70	B	-0,80	G	-1,4	
C	-0,50	H	0,0	0,60	C	-0,50	H	-0,9	
D	0,80	I	-0,20	0,00	D	0,70	I	-0,5	
E	-0,51	J	-0,30	0,00	E	-0,31			

- Súčinitele vnútorného tlaku vetra $C_{pi,10}$

$$C_{pi,10} = -0,3 \quad [-]$$

$$C_{pi,10} = 0,2 \quad [-]$$

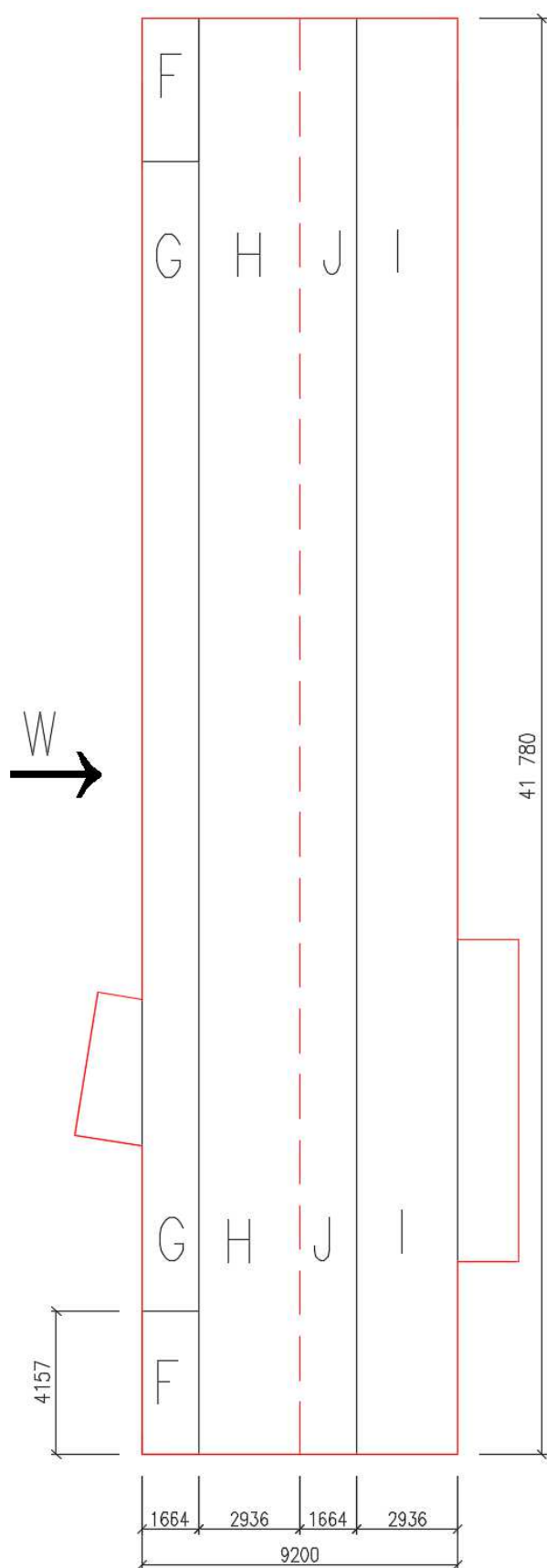
$$w_k = q_p(z) \times (C_{pe} - C_{pi}) \quad [\text{kN/m}^2]$$

Tab. 5 - Plošné zaťaženie na strechu aj steny pre $C_{pi}=+0,2$

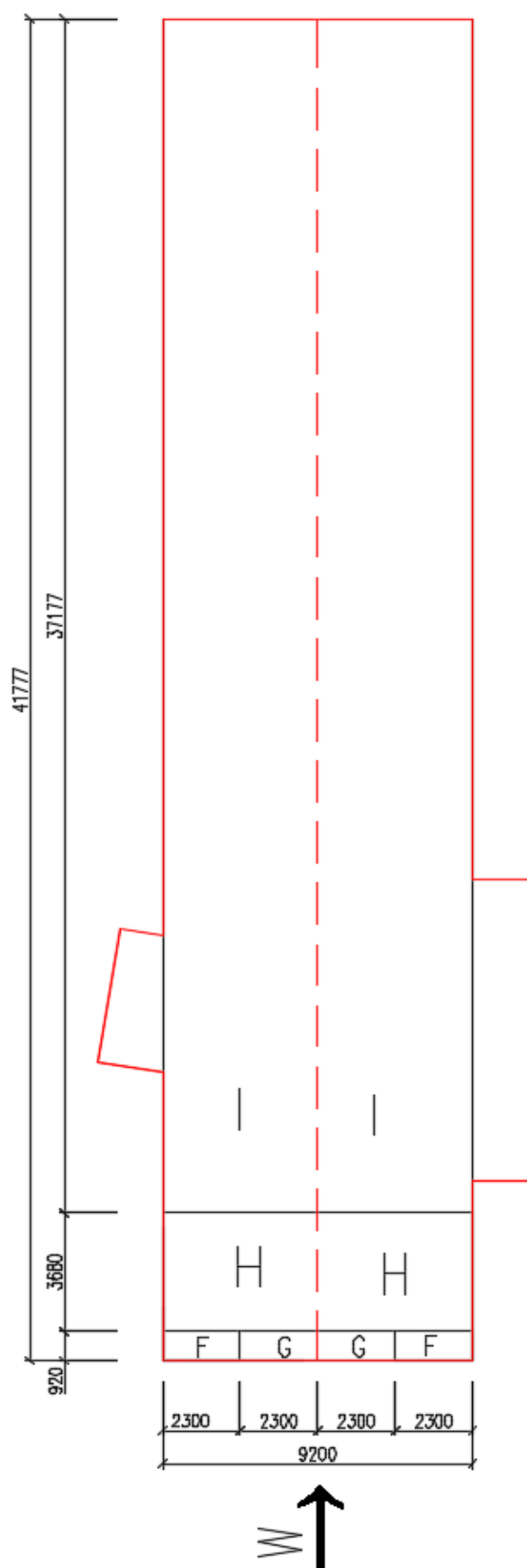
Priečny vietor					Pozdĺžny vietor				
zvislé steny		strešné plochy			zvislé steny		strešné plochy		
oblasť	w_k [kN/m ²]	oblasť	w_k [kN/m ²]		oblasť	w_k [kN/m ²]	oblasť	w_k [kN/m ²]	
A	-1,93	F	-0,28	0,69	A	-1,93	F	-1,79	
B	-1,38	G	-0,28	0,69	B	-1,38	G	-2,20	
C	-0,96	H	-0,28	0,55	C	-0,96	H	-1,51	
D	0,83	I	-0,55	-0,28	D	0,69	I	-0,96	
E	-0,98	J	-0,69	-0,28	E	-0,70			

Tab. 6 - Plošné zaťaženie na strechu aj steny pre $C_{pi}= -0,3$

Priečny vietor					Pozdĺžny vietor				
zvislé steny		strešné plochy			zvislé steny		strešné plochy		
oblasť	w_k [kN/m ²]	oblasť	w_k [kN/m ²]		oblasť	w_k [kN/m ²]	oblasť	w_k [kN/m ²]	
A	-1,24	F	0,41	1,38	A	-2,24	F	-1,10	
B	-0,69	G	0,41	1,38	B	-1,48	G	-1,51	
C	-0,28	H	0,41	1,24	C	-0,91	H	-0,83	
D	1,51	I	0,14	0,41	D	1,37	I	-0,28	
E	-0,29	J	0,00	0,41	E	-0,55			



Obrázok 13: Veterné oblasti pre priečny vietor



Obrázok 14: Veterné oblasti pre pozdĺžny vietor

5. Výpočet modulu posunutia

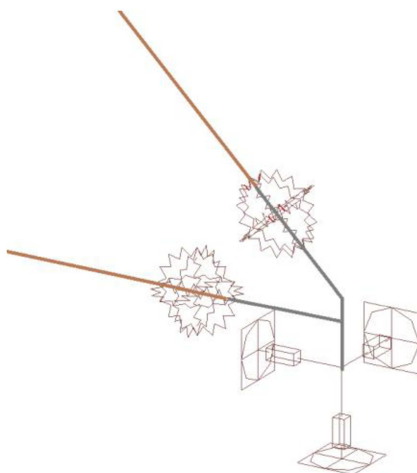
Na začiatku výpočtu sú moduly posunutia v styčníkoch vo výpočtovom modeli sú zadané ako tuhé pre zistenie predbežných vnútorných síl a reakcií. Taktiež pre približný návrh priemeru a počtu svorníkov počítaných spojoch. Po predbežnom posúdení návrhu sú vypočítané hodnoty modulu posunutia vložené do výpočtového modelu počítaných spojov vid' obr. 17 a obr. 18, pričom ostatné nepočítané moduly sú prevzaté a konzultované s vedúcim výpočtovej časti bakalárskej práce. Pre spoje prevedené pomocou spojovacích prostriedkov kolíkového typu sa určí modul K_{ser} jedného strihu jedného spojovacieho prostriedku pri prevádzke zaťaženia podľa vzorca (5.2) pre medzný stav únosnosti a pre medzný stav použiteľnosti vzorec (5.1).

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} \times d / 23 \quad (5.1)$$

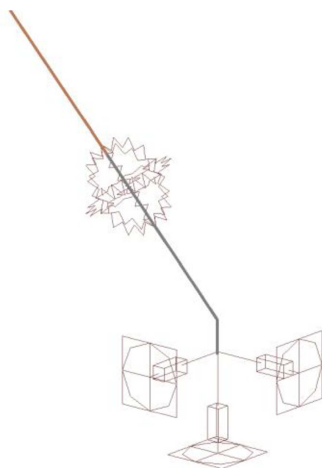
$$K_u = \frac{2}{3} \times K_{ser} \quad (5.2)$$

kde d – priemer spojovacieho prostriedku

ρ_m – priemerná hustota materiálu



Obrázok 15: Statická schéma uloženia plnej väzby



Obrázok 16: Statická schéma uloženia prázdnej väzby

5.2 Krokva K1

1) MSP

$$K_{\text{ser}} = \rho_m^{1,5} \times d/23 \quad (5.3)$$

$$K_{\text{ser}} = 380^{1,5} \times 14/23$$

$$K_{\text{ser}} = 43,826 \quad [\text{MN/m}]$$

2) MSÚ

$$K_u = \frac{2}{3} \times K_{\text{ser}} \quad (5.4)$$

$$K_u = \frac{2}{3} \times 0,0438$$

$$K_u = 29,217 \quad [\text{MN/m}]$$

5.3 Krokva K2

1) MSP

$$K_{\text{ser}} = \rho_m^{1,5} \times d/23 \quad (5.5)$$

$$K_{\text{ser}} = 380^{1,5} \times 16/23$$

$$K_{\text{ser}} = 50,087 \quad [\text{MN/m}]$$

2) MSÚ

$$K_u = \frac{2}{3} \times K_{\text{ser}} \quad (5.6)$$

$$K_u = \frac{2}{3} \times 50,087$$

$$K_u = 33,391 \quad [\text{MN/m}]$$

5.4 Krokva KL

1) MSP

$$K_{\text{ser}} = \rho_m^{1,5} \times d/23 \quad (5.7)$$

$$K_{\text{ser}} = 380^{1,5} \times 10/23$$

$$K_{\text{ser}} = 31,304 \quad [\text{MN/m}]$$

2) MSÚ

$$K_u = \frac{2}{3} \times K_{\text{ser}} \quad (5.8)$$

$$K_u = \frac{2}{3} \times 31,304$$

$$K_u = 20,870 \quad [\text{MN/m}]$$

6. Vzorce

6.1 Vzorce pre MSÚ

Výpočet bol zhotovený podľa normy [9].

6.1.1 Tlak rovnobežne s vláknami

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad (6.1)$$

6.1.2 Ohyb

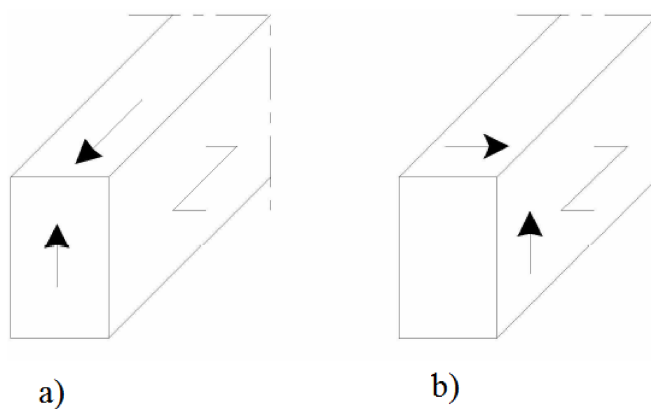
$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.2)$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.3)$$

6.1.3 Šmyk

Pre šmyk so zložkou napätia rovnobežne s vláknami (vid' obr.14 (a)) práve tak ako pre šmyk s oboma zložkami napätia kolmo k vláknam (vid' obr.14 (b)), musí byť splnená podmienka :

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad (6.4)$$



Obrázok 17: (a) Prvok so zložkou napätia v šmyku rovnobežne s vláknami

(b) Prvok s oboma zložkami napätia kolmo k vláknam (valivý šmyk)

6.1.4 Kombinácia ohybu a osového tlaku

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.5)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.6)$$

6.1.5 Klopenie

- Kritické napätie v ohybe

$$\sigma_{m,crit} = \frac{M_{y,crit}}{W_y} = \frac{\pi \times \sqrt{E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}}}{l_{ef} W_y} \quad (6.7)$$

- Relatívna štíhlosť

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} \quad (6.8)$$

- Súčiniteľ k_{crit}

Tento súčiniteľ redukuje pevnosť v ohybe vplyvom priečnej a torznej nestability.

$$k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{pro } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m} & \text{pre } 0,75 \leq \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda_{rel,m}^2} & \text{pro } 1,4 \leq \lambda_{rel,m} \end{cases} \quad (6.9)$$

- Súčiniteľ k_{cz}

$$k_{cz} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 + \lambda_{rel,z}}} \quad (6.10)$$

- Súčiniteľ k_z

$$k_z = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},z}^2) \quad (6.11)$$

- Súčiniteľ β_c

Súčiniteľ β_c pre prvky spĺňajúce medze zakrivenia v uvedené v norme ČSN EN 73 1701 v kapitole 10 pre lepené lamelové a rastlé drevo :

$$\begin{aligned} \text{lamelové : } \beta_c &= 0,10 \quad [-] \\ \text{rastlé : } \beta_c &= 0,20 \quad [-] \end{aligned}$$

- Relatívna štíhlosť

$$\lambda_{\text{rel},z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0ck}}{E_{0,05}}} \quad (6.12)$$

- Štíhlosť k ose z

$$\lambda_z = \frac{L_{\text{cr}}}{i_z} \leq 200 \quad (6.13)$$

- Posúdenie klopenie

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{\text{crit}} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1 \quad (6.14)$$

6.1.6 Odtlačenie oceľového plechu

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 2,5 \right\} \quad (6.15)$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 2,5 \\ \frac{e_1}{3d_0} \\ \frac{p_1}{3d_0} \end{array} \right\} \quad (6.16)$$

- Únosnosť otláčení oceľového plechu :

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M2}} \quad (6.17)$$

6.2 Vzorce pre MSP

Výpočet bol zhotovený podľa normy [9]. Zložky priehybu, ktoré sú výsledkom kombinácií zaťaženia sú znázornené na obr. 18, v ktorom sú značky definované nasledovne :

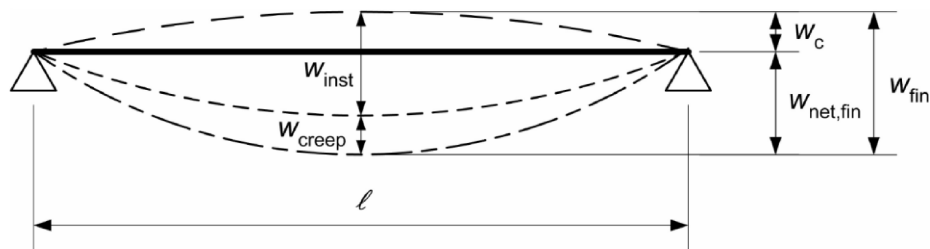
w_c - navýšenie nosníka (pokiaľ sa použije)

w_{inst} - okamžitý priehyb

w_{creep} - priehyb od dotvarovania

w_{fin} - konečný priehyb

$w_{net,fin}$ - čistý konečný priehyb



Obrázok 18: Zložky priehybu

- Výsledný okamžitý priehyb

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q} \quad (6.18)$$

- Konečný priehyb od stáleho zaťaženia

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} (1 + k_{def}) \quad (6.19)$$

- Konečný priehyb od premenného zaťaženia

$$w_{fin,Q} = w_{inst,Q} (1 + \psi_2 k_{def}) \quad (6.20)$$

- Výsledný konečný priehyb od celkového zaťaženia

$$w_{net,fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q} \quad (6.21)$$

7. Návrh a posúdenie hlavných nosných prvkov

7.1 Trieda trvania zaťaženia

Triedy trvania zaťaženia sú charakterizované účinkom konštantného zaťaženia pôsobiaceho pre určitú dobu behom doby životnosti konštrukcie. Pre premenné zaťaženie sa musí určiť príslušná trieda na základe odhadu typického kolísania zaťaženia v čase. Vo výpočtoch pevností a tuhostí sa musia zaťaženia zaradiť do jednej z tried trvania zaťaženia uvedených v tab. 6.

Tab. 6 – Triedy trvania zaťaženia

Trieda trvania zaťaženia	Trvanie charakteristického	Príklady zaťaženia
Stále	viac ako 10 rokov	vlastná tiaž
Dlhodobé	6 mesiacov - 10 rokov	skladové zaťaženie
Strednedobé	1 týždeň - 6 mesiacov	sneh, vietor
Krátkodobé	menej ako 1 týždeň	menej ako 1 týždeň
Okamžikové	-	mimoriadne zaťaženie

- Trieda prevádzky

Posudzované prvky patria do 3. triedy prevádzky, ktorá je charakterizovaná klimatickými podmienkami vedúcimi k vyššej vlhkosti materiálu odpovedajúcej teplote 20°C a relatívnej vlhkosti okolitého vzduchu presahujúci 65% iba niekoľko týždňov v roku.

- Modifikačný súčiniteľ k_{mod}

Tento súčiniteľ zohľadňuje vplyv triedy prevádzky na posudzovaný prvok. Požadovaná hodnota bola zistená pomocou tab. 7 pre lepené lamelové drevo a rastlé drevo, vybraná na základe použitého materiálu a triedy prevádzky

Tab. 7 - Hodnota k_{mod} pre lepené lamelové drevo

Materiál	Trieda prevádzky	Trieda trvania zaťaženia				
		Stále	Dlhodobé	Strednedobé	Krátkodobé	Okamžikové
Lepené lamelové drevo	3.	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Tab. 8 - Hodnota k_{mod} pre rastlé drevo

Materiál	Trieda prevádzky	Trieda trvania zaťaženia				
		Stále	Dlhodobé	Strednedobé	Krátkodobé	Okamžikové
Rastlé drevo	3.	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

7.2 Výpočet návrhových odolností materiálu

$$X_d = k_{\text{mod}} \times \frac{X_k}{\gamma_M}$$

- Lepené lamelové drevo

$$k_{\text{mod}} = 0,6 \quad [-]$$

$$\gamma_m = 1,25 \quad [-]$$

- Rastlé drevo

$$k_{\text{mod}} = 0,6 \quad [-]$$

$$\gamma_m = 1,30 \quad [-]$$

7.2.1 Lepené lamelové drevo GL28C

Hodnoty odpovedajú drevu pri teplote vzduchu 20°C a relatívnej vlhkosti 65 %.

Materiál : GL28C

$E = 12\,600$	[MPa]	$G = 720$	[MPa]
$E_{0,05} = 10\,200$	[MPa]	$G_{0,05} = 640$	[MPa]

Odolnosť v ohybe

$$f_{m,k} = 28 \quad [\text{MPa}]$$

$$f_{m,d} = 14,56 \quad [\text{MPa}]$$

Odolnosť v ťahu rovnobežne s vláknami

$$f_{t,0,k} = 22,5 \quad [\text{MPa}]$$

$$f_{t,0,d} = 10,8 \quad [\text{MPa}]$$

Odolnosť v tlaku rovnobežne s vláknami

$$f_{c,0,k} = 26,5 \quad [\text{MPa}]$$

$$f_{c,0,d} = 13,78 \quad [\text{MPa}]$$

Odolnosť v ťahu kolmo k vláknam

$$f_{t,90,k} = 0,40 \quad [\text{MPa}]$$

$$f_{t,90,d} = 0,19 \quad [\text{MPa}]$$

Odolnosť v tlaku kolmo na vlákna

$$f_{c,90,k} = 2,7 \quad [\text{MPa}]$$

$$f_{c,90,d} = 1,404 \quad [\text{MPa}]$$

Odolnosť v šmyku

$$f_{v,k} = 2,70 \quad [\text{MPa}]$$

$$f_{v,d} = 1,296 \quad [\text{MPa}]$$

7.2.2 Rastlé drevo C24

Hodnoty odpovedajú drevu pri teplote vzduchu 20°C a relatívnej vlhkosti 65 %.

Materiál : C24

$E =$	12 600	[MPa]	$G =$	720	[MPa]
$E_{0,05} =$	10 200	[MPa]	$G_{0,05} =$	640	[MPa]

Odolnosť v ohybe

$f_{m,k} =$	24	[MPa]
$f_{m,d} =$	12,48	[MPa]

Odolnosť v ťahu rovnobežne s vláknami

$f_{t,0,k} =$	22,5	[MPa]
$f_{t,0,d} =$	10,8	[MPa]

Odolnosť v tlaku rovnobežne s vláknami

$f_{c,0,k} =$	21	[MPa]
$f_{c,0,d} =$	10,92	[MPa]

Odolnosť v ťahu kolmo k vláknam

$f_{t,90,k} =$	0,40	[MPa]
$f_{t,90,d} =$	0,19	[MPa]

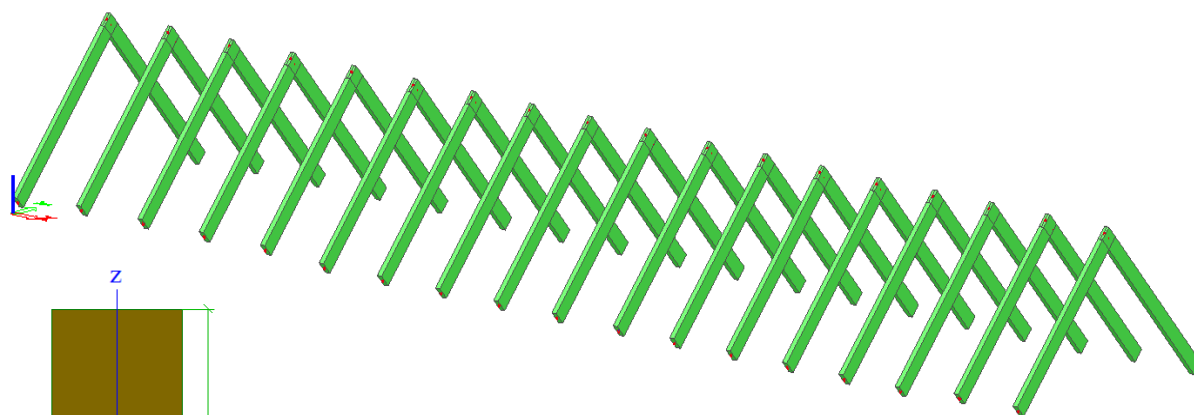
Odolnosť v tlaku kolmo na vlákna

$f_{c,90,k} =$	4,0	[MPa]
$f_{c,90,d} =$	2,08	[MPa]

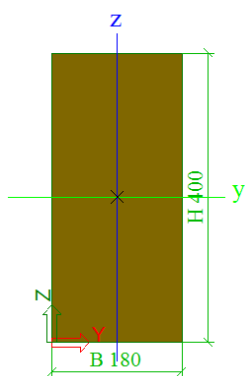
Odolnosť v šmyku

$f_{v,k} =$	2,70	[MPa]
$f_{v,d} =$	1,296	[MPa]

7.3 Posudok krokvy K1, K2



Obrázok 19: Krokvová sústava



Obrázok 20: Prierez krokvy

7.3.1 Vlastnosti

$b =$	180	[mm]	$l =$	5670	[mm]
$h =$	400	[mm]	$A =$	72 000	[mm ²]
$W_y =$	$4,80 \times 10^{-3}$	[m ³]	$I_y =$	$9,606 \times 10^{-4}$	[m ⁴]
$W_z =$	$2,16 \times 10^{-3}$	[m ³]	$I_z =$	$1,944 \times 10^{-4}$	[m ⁴]
$I_{\text{tor}} =$	$5,5667 \times 10^{-4}$	[m ⁴]	$i_y =$	0,115	[m]
$I_w =$	$1,1366 \times 10^{-6}$	[m ⁶]	$i_z =$	0,052	[m]

7.3.2 Vnútorne sily

Kombinácia : NC 23

$$\begin{aligned}N &= 109,30 & [\text{kN}] \\V_y &= 0,65 & [\text{kN}] \\V_z &= 45,18 & [\text{kN}] \\M_x &= 0,42 & [\text{kNm}] \\M_{y,\max} &= 61,85 & [\text{kNm}] \\M_z &= 0,71 & [\text{kNm}]\end{aligned}$$

Kombinácia : NC 26

$$\begin{aligned}N_{\max} &= 120,06 & [\text{kN}] \\V_y &= 0,65 & [\text{kN}] \\V_z &= 45,18 & [\text{kN}] \\M_x &= 0,27 & [\text{kNm}] \\M_y &= 52,04 & [\text{kNm}] \\M_z &= 0,86 & [\text{kNm}]\end{aligned}$$

7.3.3 Výpočet napätia

Normálové napätie :

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = 1,892 \quad [\text{MPa}]$$

Normálové napätie za ohybu (y) :

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{d,y}}{W_y} = 13,125 \quad [\text{MPa}]$$

Normálové napätie za ohybu (z) :

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{d,z}}{W_z} = 0,329 \quad [\text{MPa}]$$

Šmykové napätie :

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \times \frac{V_z}{b_{\text{ef}} \times h} = 1,392 \quad [\text{MPa}]$$

- kde $V_z = 54,40 \text{ [kN]}$ pre NC 26

- efektívna dĺžka a šírka

$$l_{\text{ef}} = l = 5\,670 \quad [\text{mm}]$$

$$b_{\text{ef}} = k_{\text{cr}} \times b = 0,67 \times 180 = 120,6 \quad [\text{mm}]$$

7.3.4 Posudok MSÚ

- Tlak rovnobežne s vláknami

- podľa vzorca (6.1)

$$1,681 \text{ [MPa]} \leq 11,520 \text{ [MPa]}$$

→ Vyhovuje

- Ohyb

- podľa vzorca (6.2; 6.3)

$$0,607 \leq 1$$

→ Vyhovuje

$$0,852 \leq 1$$

→ Vyhovuje

- Šmyk

- podľa vzorca (6.4)

$$1,392 \text{ [MPa]} \leq 1,404 \text{ [MPa]}$$

→ Vyhovuje

- Kombinácia ohybu a osového tlaku

- podľa vzorca (6.5; 6.6)

$$0,709 \leq 1$$

→ Vyhovuje

$$0,954 \leq 1$$

→ Vyhovuje

- Klopenie
Kritické napätie v ohybe podľa vzorca (6.7)

$$\sigma_{m,crit} = 59,151 \text{ [MPa]}$$

Relatívna štíhlosť podľa vzorca (6.8)

$$\lambda_{rel,m} = 0,688 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ k_{crit} podľa vzorca (6.9)

$$k_{crit} = 1,0 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ k_{cz} podľa vzorca (6.10)

$$k_{cz} = 0,766 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ k_z podľa vzorca (6.11)

$$k_z = 0,542 \text{ [-]}$$

Relatívna štíhlosť podľa vzorca (6.12)

$$\lambda_{rel,z} = 0,290 \text{ [-]}$$

Štíhlosť k ose (z) podľa vzorca (6.13)

$$\lambda_z = 17,9 \leq 200 \text{ [-]}$$

→ Vyhovuje

Posúdenie klopenie podľa vzorca (6.14)

$$0,992 \leq 1$$

→ Vyhovuje

7.3.5 Posudok MSP

Dĺžka posudzovaného prvku je 6 020 mm , trieda prevádzky 3.

Limitná hodnota je v rozmedzí $L/500$ až $L/300$ pre okamžitý priehyb a $L/350$ až $L/250$ pre konečný priehyb.

- Okamžitý priehyb podľa vzorca (6.18)

$$w_{\text{inst}} = 13,8 \text{ [mm]}$$

- Konečný priehyb podľa vzorca (6.21)

$$w_{\text{inst}} = 21,1 \text{ [mm]}$$

- Limitný okamžitý priehyb

$$w_{\text{inst,LIM}} = L/500 \sim L/300 = 12,04 \text{ [mm]} \sim 20,07 \text{ [mm]}$$

- Limitný konečný priehyb

$$w_{\text{fin,LIM}} = L/350 \sim L/250 = 17,04 \text{ [mm]} \sim 24,08 \text{ [mm]}$$

- Posúdenie okamžitého priehybu

$$w_{\text{inst}} \geq w_{\text{inst,LIM}}$$

$$w_{\text{inst}} = 13,8 \text{ [mm]} \geq w_{\text{inst,LIM}} = 20,07 \text{ [mm]}$$

→ Vyhovuje

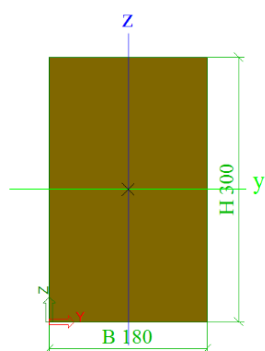
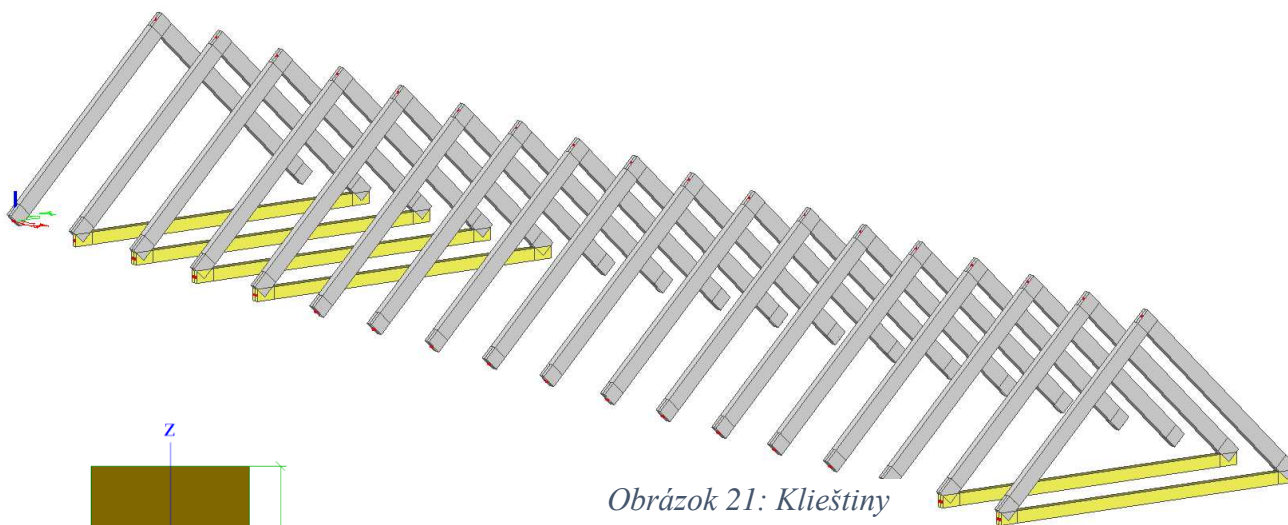
- Posúdenie konečného priehybu

$$w_{\text{fin}} \geq w_{\text{fin,LIM}}$$

$$w_{\text{inst}} = 21,1 \text{ [mm]} \geq w_{\text{inst,LIM}} = 24,08 \text{ [mm]}$$

→ Vyhovuje

7.4 Posudok klieštiny KL



7.4.1 Vlastnosti

$$b = 180 \quad [\text{mm}]$$

$$h = 300 \quad [\text{mm}]$$

$$W_y = 2,700 \times 10^{-3} \quad [\text{m}^3]$$

$$W_z = 1,620 \times 10^{-3} \quad [\text{m}^3]$$

$$I_{\text{tor}} = 3,644 \times 10^{-4} \quad [\text{m}^4]$$

$$I_w = 2,507 \times 10^{-6} \quad [\text{m}^6]$$

$$l = 8600 \quad [\text{mm}]$$

$$A = 54\,000 \quad [\text{mm}^2]$$

$$I_y = 4,050 \times 10^{-4} \quad [\text{m}^4]$$

$$I_z = 1,458 \times 10^{-4} \quad [\text{m}^4]$$

$$i_y = 0,115 \quad [\text{m}]$$

$$i_z = 0,052 \quad [\text{m}]$$

7.4.2 Vnútorne sily

Kombinácia : NC 23

$$\begin{aligned}N &= 23,80 & [\text{kN}] \\V_y &= 0,05 & [\text{kN}] \\V_z &= -5,19 & [\text{kN}] \\M_x &= 0,0 & [\text{kNm}] \\M_{y,\max} &= 43,71 & [\text{kNm}] \\M_z &= -0,29 & [\text{kNm}]\end{aligned}$$

Kombinácia : NC 20

$$\begin{aligned}N_{\max} &= 28,67 & [\text{kN}] \\V_y &= 0,10 & [\text{kN}] \\V_z &= -6,48 & [\text{kN}] \\M_x &= 0,0 & [\text{kNm}] \\M_y &= 41,04 & [\text{kNm}] \\M_z &= 0,86 & [\text{kNm}]\end{aligned}$$

7.4.3 Výpočet napätia

Normálové napätie rovnobežne s vláknami :

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = 0,531 \quad [\text{MPa}]$$

Normálové napätie za ohybu (y) :

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{d,y}}{W_y} = 14,074 \quad [\text{MPa}]$$

Normálové napätie za ohybu (z) :

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{d,z}}{W_z} = 0,531 \quad [\text{MPa}]$$

Šmykové napätie :

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \times \frac{V_z}{b_{\text{ef}} \times h} = 0,219 \quad [\text{MPa}]$$

- kde $V_z = -6,48$ [kN] pre NC 26

- efektívna dĺžka a šírka

$$l_{\text{ef}} = l = 8600 \quad [\text{mm}]$$

$$b_{\text{ef}} = k_{\text{cr}} \times b = 0,67 \times 180 = 120,6 \quad [\text{mm}]$$

7.4.4 Posúdenie

- Tlak rovnobežne s vláknami

- podľa vzorca (6.1)

$$0,531 \text{ [MPa]} \leq 11,520 \text{ [MPa]}$$

→ Vyhovuje

- Ohyb

- podľa vzorca (6.2; 6.3)

$$0,711 \leq 1$$

→ Vyhovuje

$$0,872 \leq 1$$

→ Vyhovuje

- Šmyk

- podľa vzorca (6.4)

$$1,392 \text{ [MPa]} \leq 1,404 \text{ [MPa]}$$

→ Vyhovuje

Kombinácia ohybu a osového tlaku

- podľa vzorca (6.5; 6.6)

$$0,757 \leq 1$$

→ Vyhovuje

$$0,874 \leq 1$$

→ Vyhovuje

- Klopenie

Kritické napätie v ohybe podľa vzorca (6.7)

$$\sigma_{m,crit} = 13,792 \text{ [MPa]}$$

Relatívna štíhlosť podľa vzorca (6.8)

$$\lambda_{rel,m} = 0,688 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ k_{crit} podľa vzorca (6.9)

$$k_{crit} = 1,0 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ k_{cz} podľa vzorca (6.10)

$$k_{cz} = 0,766 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ k_z podľa vzorca (6.11)

$$k_z = 0,542 \text{ [-]}$$

Relatívna štíhlosť podľa vzorca (6.12)

$$\lambda_{rel,z} = 0,290 \text{ [-]}$$

Štíhlosť k ose (z) podľa vzorca (6.13)

$$\lambda_z = 116 \leq 200 \text{ [-]}$$

→ Vyhovuje

Posúdenie klopenie podľa vzorca (6.14)

$$0,992 \leq 1$$

→ Vyhovuje

7.4.5 Posudok klieština MSP

Dĺžka posudzovaného prvku je 8 600 mm , trieda prevádzky 3.

Limitná hodnota je v rozmedzí $L/500$ až $L/300$ pre okamžitý priehyb a $L/350$ až $L/250$ pre konečný priehyb.

- Okamžitý priehyb podľa vzorca (6.18)

$$w_{\text{inst}} = 22,3 \text{ [mm]}$$

- Konečný priehyb podľa vzorca (6.21)

$$w_{\text{inst}} = 28,6 \text{ [mm]}$$

- Limitný okamžitý priehyb

$$w_{\text{inst,LIM}} = L/500 \sim L/300 = 17,2 \text{ [mm]} \sim 28,67 \text{ [mm]}$$

- Limitný konečný priehyb

$$w_{\text{fin,LIM}} = L/350 \sim L/250 = 24,57 \text{ [mm]} \sim 34,4 \text{ [mm]}$$

- Posúdenie okamžitého priehybu

$$w_{\text{inst}} \geq w_{\text{inst,LIM}}$$

$$w_{\text{inst}} = 22,3 \text{ [mm]} \geq w_{\text{inst,LIM}} = 28,67 \text{ [mm]}$$

→ Vyhovuje

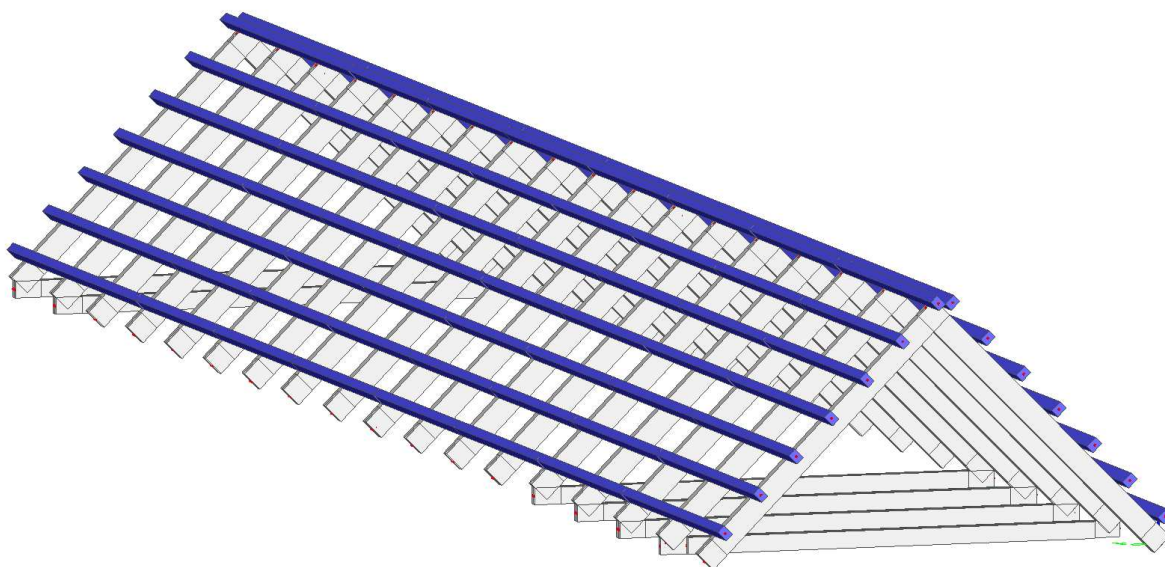
- Posúdenie konečného priehybu

$$w_{\text{fin}} \geq w_{\text{fin,LIM}}$$

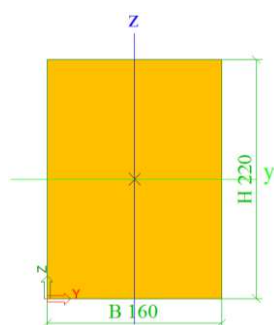
$$w_{\text{inst}} = 28,6 \text{ [mm]} \geq w_{\text{inst,LIM}} = 34,4 \text{ [mm]}$$

→ Vyhovuje

7.5 Posudok vlašská sústava väzníc VZ



Obrázok 23: Vlašská sústava väzníc



Obrázok 24: Prie rez väznice

7.5.1 Vlastnosti : väznica

$b =$	160	[mm]	$l =$	4600 (6900)	[mm]
$h =$	220	[mm]	$A =$	35 200	[mm ²]
$W_y =$	$1,291 \times 10^{-3}$	[m ³]	$I_y =$	$1,420 \times 10^{-4}$	[m ⁴]
$W_z =$	$9,387 \times 10^{-4}$	[m ³]	$I_z =$	$7,509 \times 10^{-5}$	[m ⁴]
$I_{\text{tor}} =$	$1,661 \times 10^{-4}$	[m ⁴]	$i_y =$	0,064	[m]
$I_w =$	$3,312 \times 10^{-8}$	[m ⁶]	$i_z =$	0,046	[m]

7.5.2 Vnútročné sily

Kombinácia : NC 23

$$\begin{aligned}N &= 2,84 \quad [\text{kN}] \\V_y &= -6,57 \quad [\text{kN}] \\V_z &= -11,76 \quad [\text{kN}] \\M_x &= 0,02 \quad [\text{kNm}] \\M_{y,\max} &= -14,00 \quad [\text{kNm}] \\M_z &= 5,18 \quad [\text{kNm}]\end{aligned}$$

Kombinácia : NC 26

$$\begin{aligned}N_{\max} &= 3,25 \quad [\text{kN}] \\V_y &= -5,95 \quad [\text{kN}] \\V_z &= -10,62 \quad [\text{kN}] \\M_x &= 0,01 \quad [\text{kNm}] \\M_y &= 12,09 \quad [\text{kNm}] \\M_z &= 4,68 \quad [\text{kNm}]\end{aligned}$$

7.5.3 Výpočet napätia

Normálové napätie :

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = 0,072 \quad [\text{MPa}]$$

Normálové napätie za ohybu (y) :

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{d,y}}{W_y} = 4,489 \quad [\text{MPa}]$$

Normálové napätie za ohybu (z) :

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{d,z}}{W_z} = 3,086 \quad [\text{MPa}]$$

Šmykové napätie :

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \times \frac{V_z}{b_{\text{ef}} \times h} = 0,475 \quad [\text{MPa}]$$

- kde $V_z = 54,40 \text{ [kN]}$ pre NC 26

- efektívna dĺžka a šírka

$$l_{\text{ef}} = 2300 \quad [\text{mm}]$$

$$b_{\text{ef}} = k_{\text{cr}} \times b = 0,67 \times 160 = 107,6 \quad [\text{mm}]$$

7.5.4 Posúdenie

- Tlak rovnobežne s vláknami

- podľa vzorca (6.1)

$$0,698 \text{ [MPa]} \leq 10,922 \text{ [MPa]}$$

→ Vyhovuje

- Ohyb

- podľa vzorca (6.2; 6.3)

$$0,497 \leq 1$$

→ Vyhovuje

$$0,581 \leq 1$$

→ Vyhovuje

- Šmyk

- podľa vzorca (6.4)

$$0,475 \text{ [MPa]} \leq 1,296 \text{ [MPa]}$$

→ Vyhovuje

- Kombinácia ohybu a osového tlaku

- podľa vzorca (6.5; 6.6)

$$0,552 \leq 1$$

→ Vyhovuje

$$0,648 \leq 1$$

→ Vyhovuje

- Klopenie

Kritické napätie v ohybe podľa vzorca (6.7)

$$\sigma_{m,crit} = 10,89 \text{ [MPa]}$$

Relatívna štíhlosť podľa vzorca (6.8)

$$\lambda_{rel,m} = 0,688 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ k_{crit} podľa vzorca (6.9)

$$k_{crit} = 1,0 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ k_{cz} podľa vzorca (6.10)

$$k_{cz} = 0,507 \text{ [-]}$$

Súčiniteľ k_z podľa vzorca (6.11)

$$k_z = 0,803 \text{ [-]}$$

Relatívna štíhlosť podľa vzorca (6.12)

$$\lambda_{rel,z} = 0,722 \text{ [-]}$$

Štíhlosť k ose (z) podľa vzorca (6.13)

$$\lambda_z = 50,0 \leq 200 \text{ [-]}$$

→ Vyhovuje

Posúdenie klopenia podľa vzorca (6.14)

$$0,784 \leq 1$$

→ Vyhovuje

7.5.5 Posudok väznica MSP

Dĺžka posudzovaného prvku je 2 500 mm , trieda prevádzky 3.

Limitná hodnota je v rozmedzí $L/500$ až $L/300$ pre okamžitý priehyb a $L/350$ až $L/250$ pre konečný priehyb.

- Okamžitý priehyb podľa vzorca (6.18)

$$w_{\text{inst}} = 6,4 \text{ [mm]}$$

- Konečný priehyb podľa vzorca (6.21)

$$w_{\text{inst}} = 9,7 \text{ [mm]}$$

- Limitný okamžitý priehyb

$$w_{\text{inst,LIM}} = L/500 \sim L/300 = 5,0 \text{ [mm]} \sim 8,3 \text{ [mm]}$$

- Limitný konečný priehyb

$$w_{\text{fin,LIM}} = L/350 \sim L/250 = 7,1 \text{ [mm]} \sim 10,0 \text{ [mm]}$$

- Posúdenie okamžitého priehybu

$$w_{\text{inst}} \geq w_{\text{inst,LIM}}$$

$$w_{\text{inst}} = 6,4 \text{ [mm]} \geq w_{\text{inst,LIM}} = 8,3 \text{ [mm]}$$

→ Vyhovuje

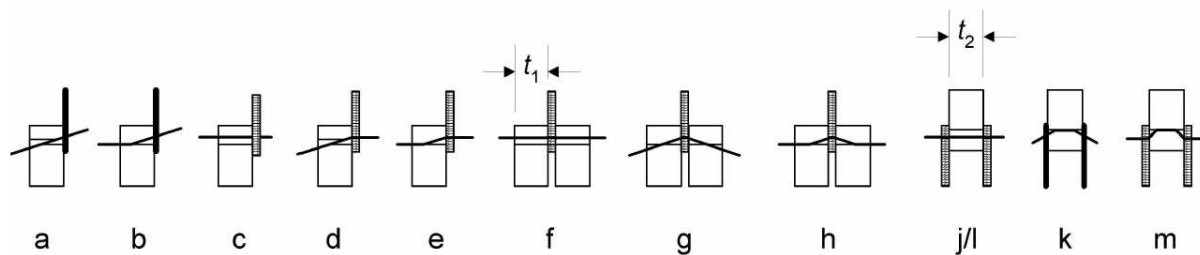
- Posúdenie konečného priehybu

$$w_{\text{fin}} \geq w_{\text{fin,LIM}}$$

$$w_{\text{inst}} = 9,7 \text{ [mm]} \geq w_{\text{inst,LIM}} = 10,0 \text{ [mm]}$$

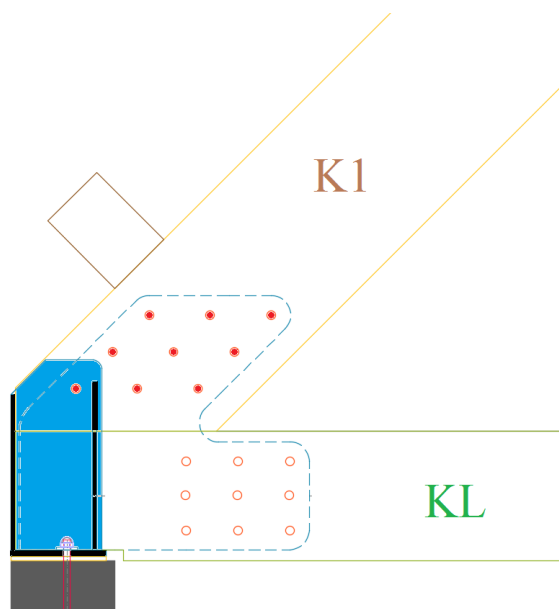
→ Vyhovuje

8. Návrh a posudok spojov

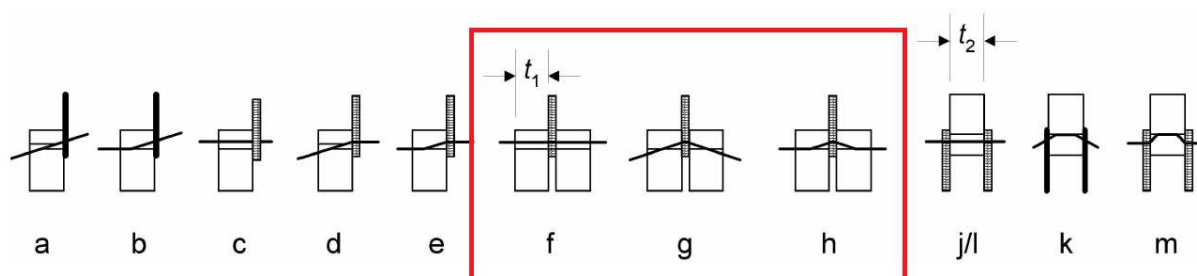


Obrázok 25: Možnosti porušenia podľa normy ČSN EN 1701 [9] pre spoj ocel' – drevo

8.1 Návrh a posudok svorníkov pre krokvu K1



Obrázok 26: Spôsob pripojenia krokvy K1 a klieštiny KL



Obrázok 27: Možnosti porušenia spoja pre daný prípad

Priečne zaťaženie svorníky - 9 × svorník M14 (4.6)

- Charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times f_{u,k} \times d^{2,6} \quad (8.1)$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times 400 \times 14^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 114\,581 \quad [\text{Nmm}]$$

- Charakteristická pevnosť v otláčení rovnobežne s vláknami

$$f_{h,0,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times d) \times \rho_k \quad (8.2)$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 14) \times 380$$

$$f_{h,0,k} = 26,798 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \times d$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \times 14$$

$$k_{90} = 1,480 \quad [-]$$

- Charakteristická únosnosť jedného svorníku dvoj strižného spoja :

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{hk} t_1 d \\ f_{hk} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{hk} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\} \quad (8.3)$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 166,96 \\ 70,12 \\ 24,54 \end{array} \right\} = 24,54 \quad [\text{kN}]$$

- Účinný počet svorníkov

Pre zaťaženie rovnobežne s vláknami, sa účinný počet spojovacích prostriedkov vypočíta podľa vzťahu (10.4).

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9^4} \sqrt{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right\} \quad (8.4)$$

$$n_{ef} = 3 \quad [-]$$

- Účinná charakteristická únosnosť jednej rady spojovacích prostriedkov rovnobežne s vláknami

$$F_{v,ef,Rk,1} = n_{ef} \times F_{v,Rk} \quad (8.5)$$

$$F_{v,ef,Rk,1} = 3 \times 24,54$$

$$F_{v,ef,Rk,1} = 73,63 \quad [\text{kN}]$$

- Celková charakteristická únosnosť svorníkov dvojstrižného spoja namáhaným rovnobežne s vláknami pre 3 rady svorníkov.

$$F_{v,ef,Rk,celk,1} = 3 \times F_{v,ef,Rk} \quad (8.6)$$

$$F_{v,ef,Rk,celk,1} = 3 \times 123,99$$

$$F_{v,ef,Rk,celk,1} = 220,89 \quad [\text{kN}]$$

- Celková návrhová únosnosť svorníkov dvojstrižného spoja namáhaným rovnobežne s vláknami.

$$F_{v,ef,Rd,celk} = \frac{k_{mod} \times F_{v,ef,Rk,celk,1}}{\gamma_m} \quad (8.7)$$

$$F_{v,ef,Rd,celk} = \frac{0,65 \times 660,20}{1,25}$$

$$F_{v,ef,Rd,celk} = 114,86 \quad [\text{kN}]$$

- Posudok svorníkov - 9 × svorník M14 (4.6)

$N_{prisl} =$	102	[kN]
$V_{max} =$	72	[kN]
$\beta =$	37,7	[°]
$R_{max} =$	117,6	[kN]

$$F_{v,ef,Rd,celk} = 114,86 \quad [\text{kN}]$$

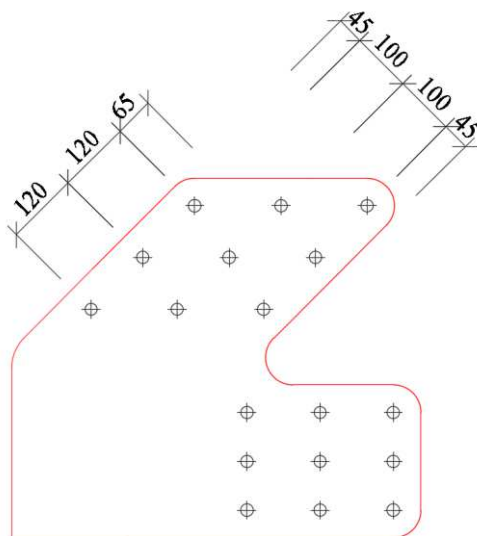
$$R_{max} = 117,6 \quad [\text{kN}]$$

$$F_{v,ef,Rd,celk} \geq R_{max}$$

$$114,9 \quad [\text{kN}] \geq 117,6 \quad [\text{kN}]$$

→ Vyhovuje

8.1.2 Otláčenie styčného plechu



Obrázok 28: Rozteče svorníkov pre prvky K1

ocel' : S355 J0 $f_y = 355$ [MPa]
 hr. plech = 12 [mm] $f_u = 510$ [MPa]

- Súčiniteľ k_1 podľa vzťahu (6.15)

$$k_1 = \min \begin{cases} 2,5 \\ 6,7 \end{cases}$$

$$k_1 = 2,5 \quad [-]$$

- Súčiniteľ α_b podľa vzťahu (6.16)

$$\alpha_b = \min \begin{cases} 1,0 \\ 0,78 \\ 2,5 \\ 1,44 \\ 2,67 \end{cases}$$

$$\alpha_b = 0,78 \quad [-]$$

- Návrhová odolnosť v odtlačení podľa vzťahu (6.17)

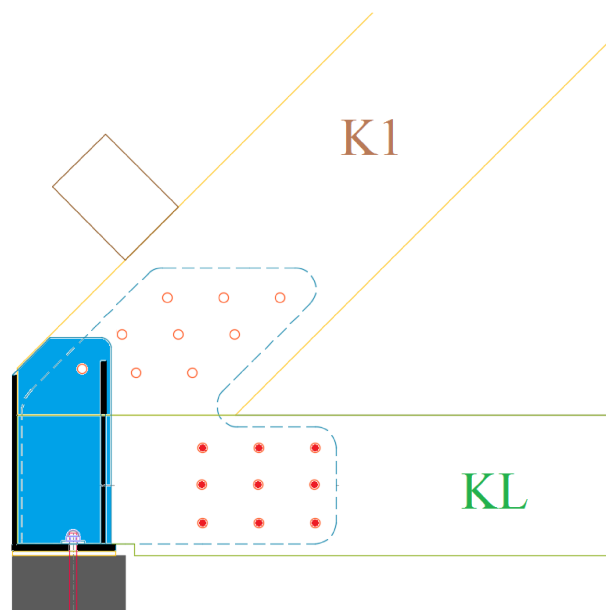
$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \times 0,784 \times 510 \times 10^6 \times 0,014 \times 0,012}{1,25}$$

$$F_{b,Rd} = 134,40 \quad [\text{kN}]$$

- Posúdenie

$$\begin{aligned} F_{b,Rd} &\geq V_{\max} \\ 134,40 \quad [\text{kN}] &\geq 74,60 \quad [\text{kN}] \\ &\rightarrow \text{Vyhovuje} \end{aligned}$$

8.2 Návrh a posudok svorníkov pre klieštinu KL



Obrázok 29: Spôsob pripojenia krovky K1 a klieštiny KL

Priečne zaťažené svorníky - 9 × svorník M8 (4.6)

- Charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times f_{u,k} \times d^{2,6} \quad (8.8)$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times 400 \times 8^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 47\,772 \quad [\text{Nmm}]$$

- Charakteristická pevnosť v otláčení rovnobežne s vláknami

$$f_{h,0,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times d) \times \rho_k \quad (8.9)$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 8) \times 380$$

$$f_{h,0,k} = 28,04 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \times d$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \times 8$$

$$k_{90} = 1,45 \quad [-]$$

- Charakteristická únosnosť jedného svorníku dvoj strižného spoja :

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{hk} t_1 d \\ f_{hk} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{hk} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{hk} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\} \quad (8.10)$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 47,11 \\ 19,92 \\ 8,42 \end{array} \right\} = 8,42 \quad [\text{kN}]$$

- Účinný počet svorníkov

Pre zaťaženie rovnobežne s vláknami, sa účinný počet spojovacích prostriedkov vypočíta podľa vzťahu (8.11).

$$n_{ef} = \min \left\{ \begin{array}{l} n \\ n^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \end{array} \right\} \quad (8.11)$$

$$n_{ef} = 3 \quad [-]$$

- Účinná charakteristická únosnosť jednej rady spojovacích prostriedkov rovnobežne s vláknami

$$F_{v,ef,Rk,1} = n_{ef} \times F_{v,Rk} \quad (8.12)$$

$$F_{v,ef,Rk,1} = 3 \times 8,42$$

$$F_{v,ef,Rk,1} = 25,26 \quad [\text{kN}]$$

- Celková charakteristická únosnosť svorníkov dvojstrižného spoja namáhaným rovnobežne s vláknami. PRE 3 RADY

$$F_{v,ef,Rk,celk,1} = 3 \times F_{v,ef,Rk,1} \quad (8.13)$$

$$F_{v,ef,Rk,celk,1} = 3 \times 25,26$$

$$F_{v,ef,Rk,celk,1} = 75,77 \quad [\text{kN}]$$

- Celková návrhová únosnosť svorníkov dvojstrižného spoja namáhaným rovnobežne s vláknami.

$$F_{v,ef,Rd,celk} = \frac{k_{mod} \times F_{v,ef,Rk,celk,1}}{\gamma_m} \quad (8.14)$$

$$F_{v,ef,Rd,celk} = \frac{0,65 \times 660,20}{1,25}$$

$$F_{v,ef,Rd,celk} = 39,38 \quad [\text{kN}]$$

- Posúdenie

Rozhodujúca kombinácia NC 3

$N_{max} =$	28,02	[kN]
$V_{prisl} =$	6,21	[kN]
$\beta =$	12,5	°
$R_{max} =$	28,7	[kN]

$$F_{v,ef,Rd,celk} = 28,02 \quad [\text{kN}]$$

$$R_{max} = 39,38 \quad [\text{kN}]$$

$$F_{v,ef,Rd,celk} \geq R_{max}$$

$$39,38 \quad [\text{kN}] \geq 28,02 \quad [\text{kN}]$$

→ Vyhovuje

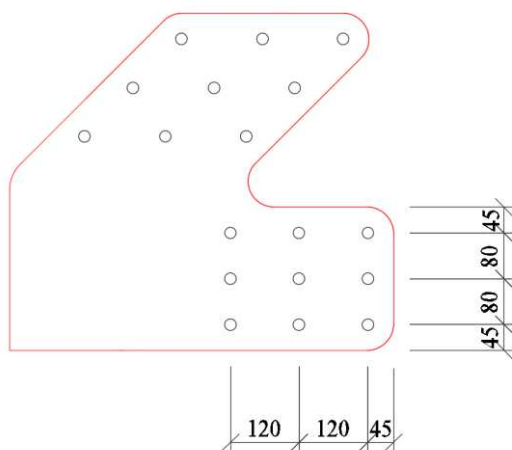
8.2.2 Otláčenie styčného plechu

ocel' : S355 J0

hr. plech = 12 [mm]

$f_y = 355$ [MPa]

$f_u = 510$ [MPa]



Obrázok 30: Rozteče svorníkov pre prvky Z01

- Súčiniteľ k_1 podľa vzťahu (6.15)

$$k_1 = \min \left\{ \begin{matrix} 2,5 \\ 6,7 \end{matrix} \right.$$

$$k_1 = 2,5 \quad [-]$$

- Súčiniteľ α_b podľa vzťahu (6.16)

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{matrix} 1,0 \\ 0,78 \\ 2,5 \\ 1,44 \\ 4,44 \end{matrix} \right.$$

$$\alpha_b = 0,78 \quad [-]$$

- Návrhová odolnosť v odtlačení podľa vzťahu (6.17)

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \times 0,784 \times 510 \times 10^6 \times 0,008 \times 0,012}{1,25}$$

$$F_{b,Rd} = 76,84 \quad [\text{kN}]$$

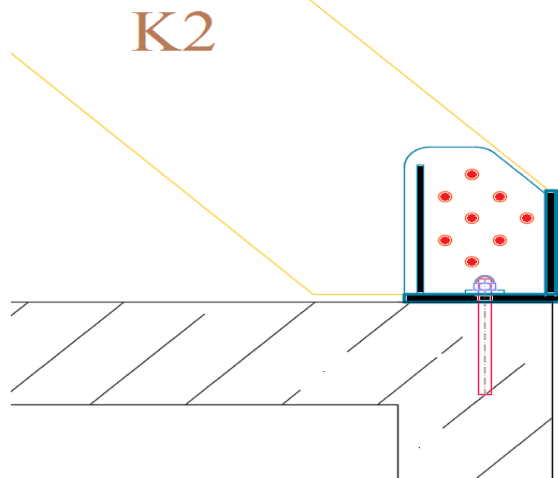
- Posúdenie

$$F_{b,Rd} \geq V_{\max}$$

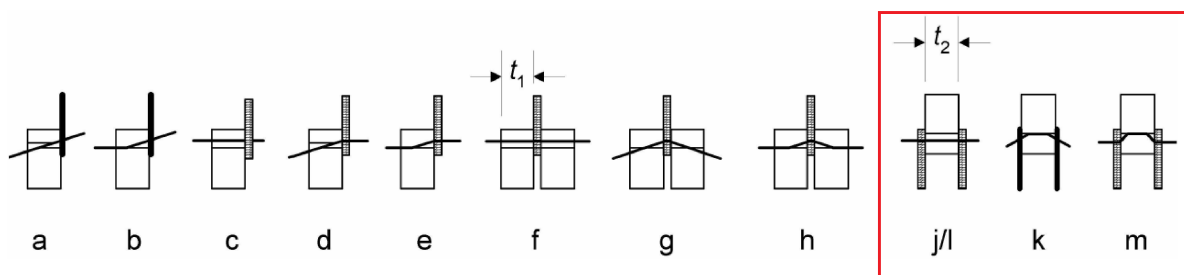
$$76,84 \quad [\text{kN}] \geq 6,50 \quad [\text{kN}]$$

→ Vyhovuje

8.3 Návrh a posudok svorníkov pre krovu K2



Obrázok 31: Spôsob pripojenia krovky K2



Obrázok 32: Možnosti porušenia spoja pre daný dvoj strižný spoj

Priečne zaťažené svorníky – 8 × M16 (4.6)

- Charakteristická hodnota plastického momentu únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times f_{u,k} \times d^{2,6} \quad (8.15)$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \times 400 \times 16^{2,6}$$

$$M_{y,Rk} = 162\,141 \text{ [Nmm]}$$

- Charakteristická pevnosť v otláčení rovnobežne s vláknami

$$f_{h,0,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times d) \times \rho_k \quad (8.16)$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 16) \times 380$$

$$f_{h,0,k} = 26,174 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \times d$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \times 16$$

$$k_{90} = 1,540 \quad [-]$$

- Charakteristická pevnosť v otláčení pod uhlom

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \times \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} \quad (8.17)$$

$$f_{h,\alpha,k} = 67,985 \quad [\text{N/mm}^2]$$

- Charakteristická únosnosť jedného svorníku dvoj strižného spoja :

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{0,5 f_{h,k} t_2 d}{2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,2,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}} \right\} \quad (8.18)$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \frac{91,37}{30,54} = 30,54 \quad [\text{kN}] \right.$$

- Celková charakteristická únosnosť svorníkov dvojstrižného spoja namáhaným rovnobežne s vláknami.

$$\begin{aligned} F_{v,ef,Rk,celk,1} &= 8 \times 30,54 \\ F_{v,ef,Rk,celk,1} &= n_{ef} \times F_{v,ef,Rk} \\ F_{v,ef,Rk,celk,1} &= 244,12 \quad [\text{kN}] \end{aligned} \quad (8.19)$$

- Celková návrhová únosnosť svorníkov dvojstrižného spoja namáhaným rovnobežne s vláknami.

$$F_{v,ef,Rd,celk} = \frac{k_{mod} \times F_{v,ef,Rk,celk,1}}{\gamma_m} \quad (8.20)$$

$$F_{v,ef,Rd,celk} = \frac{0,65 \times 213,82}{1,25}$$

$$F_{v,ef,Rd,celk} = 128,72 \quad [\text{kN}]$$

- Posúdenie

Rozhodujúca kombinácia

NC 3

$N_{max} =$	109,1	[kN]
$V_{prisl} =$	55,6	[kN]
$\beta =$	30,9	°
$R_{max} =$	121,4	[kN]

$$F_{v,ef,Rd,celk} = 128,72 \quad [\text{kN}]$$

$$R_{max} = 124,4 \quad [\text{kN}]$$

$$F_{v,ef,Rd,celk} \geq R_{max}$$

$$128,72 \quad [\text{kN}] \geq 121,4 \quad [\text{kN}]$$

→ Vyhovuje

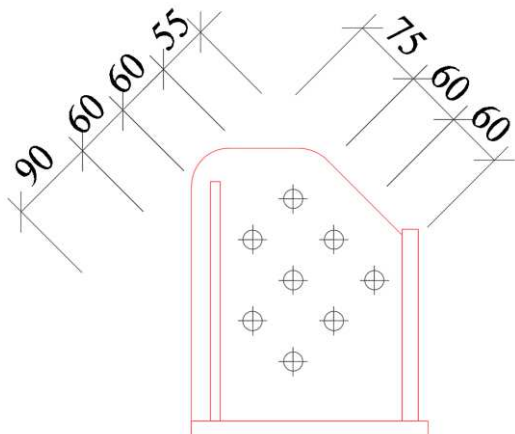
8.3.1 Otláčenie styčného plechu

ocel' : S355 J0

hr. plech = 10 [mm]

$f_y = 355$ [MPa]

$f_u = 510$ [MPa]



Obrázok 33: Rozteče svorníkov pre prvky Z02

- Súčiniteľ k_1 podľa vzťahu (6.15)

$$k_1 = \min \begin{cases} 2,5 \\ 7,4 \end{cases}$$

$$k_1 = 2,5 \quad [-]$$

- Súčiniteľ α_b podľa vzťahu (6.16)

$$\alpha_b = \min \begin{cases} 1,0 \\ 0,78 \\ 2,5 \\ 1,44 \\ 1,18 \end{cases}$$

$$\alpha_b = 0,78 \quad [-]$$

- Návrhová odolnosť v odtlačení podľa vzťahu (6.17)

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \times 0,784 \times 510 \times 10^6 \times 0,016 \times 0,010}{1,25}$$

$$F_{b,Rd} = 128,0 \quad [\text{kN}]$$

- Posúdenie

$$F_{b,Rd} \geq V_{\max} / 2$$

$$128,0 \quad [\text{kN}] \geq 37,2 \quad [\text{kN}]$$

→ Vyhovuje

9. Záver

Bakalárska práca sa zaoberá statickou analýzou krovu, samostatne stojaceho stavebného objektu hotelu Bauer, využívaného ako rekreačné centrum. Na výpočet vnútorných síl je použitý program SCIA Engineer s ohľadnutím na modulu posunutia počítaných spojoch. Vypracovanie posudku prvkov a spojov podľa aktuálne platných noriem ČSN EN.

Táto práca sa zaoberala statickou analýzou krovu, posúdením hlavných nosných prvkov a vybraných spojov s ohľadnutím na modul posunutia počítaných spojoch. Porovnaním veľkostí vypočítaných hodnôt vnútorných síl lineárneho a nelineárneho výpočtu, bol zistený rozdiel max 10%. Pre návrh a posúdenie boli vybrané vnútorné sily z nelineárneho výpočtu. Bol zhotovený návrh a posúdenie hlavných nosných prvkov a vybraných spojov spolu s projektovou dokumentáciou. Všetky posudzované prvky a spoje vyhovujú návrhu podľa aktuálnych noriem. ČSN EN.

10. Zoznam použitej literatúry

- [1] *Konstrukce šikmých střech*. Praha: Grada Publishing, 2013. ISBN 978-80-247-4205-2.
- [2] *Atis.cz* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <https://www.atis.cz/iframe/produkt-detail/?PID=ID%3D52&MainProductID=3873>
- [3] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: ÚNMZ, březen 2004.
- [4] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1 Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: ÚNMZ, březen 2004.
- [5] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3 Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: ÚNMZ, červen 2005.
- [6] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4 Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: ÚNMZ, duben 2007.
- [7] ČSN EN 1993-1-1. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1 Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ÚNMZ, prosinec 2006.
- [8] ČSN EN 1993-1-8. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8 Navrhování styčníků*. Praha: ÚNMZ, prosinec 2006.
- [9] ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1 Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ÚNMZ, prosinec 2006.

Zoznam použitých programov

- [10] SCIA Engineer 16 (študentská verzia)
- [11] AutoCAD 2017 (študentská verzia)
- [12] Microsoft office 2016 (študentská verzia)

11. Zoznam obrázkov a tabuliek

- Obrázok 1: Vplyvy na strešné konštrukcie
Obrázok 2: Pozdĺžny pohľad na riešenie konštrukciu
Obrázok 3: Priečny pohľad na riešený objekt
Obrázok 4: Interiér objektu - wellness priestor
Obrázok 5: Interiér objektu - podkrovia
Obrázok 6: 3D model v systéme Auto CAD
Obrázok 7: Výpočtový model v programe Scia Engineer
Obrázok 8: Pozdĺžny pohľad na výpočtový model
Obrázok 9: Priečny pohľad na výpočtový model
Obrázok 10: Priečny pohľad na statickú schému výpočtového modelu pre prázdnu väzbu
Obrázok 11: Priečny pohľad na statickú schému výpočtového modelu pre plnú väzbu
Obrázok 12: Tvarové súčinitele snehom pre sedlové strechu
Obrázok 13: Tvarový súčiniteľ zaťaženia snehom pre strechy priliehajúcim k vyšším stavbám
Obrázok 14: Zaťaženie snehom v mieste hromadenia snehu
Obrázok 15: Veterné oblasti pre pozdĺžny vietor
Obrázok 16: Veterné oblasti pre priečny vietor
Obrázok 17: Statická schéma uloženia plnej väzby
Obrázok 18: Statická schéma uloženia prázdnej väzby
Obrázok 19: Prvok so zložkou napätia v šmyku rovnobežne s vláknami
Obrázok 20: Zložky priehybu
Obrázok 21: Krokrová sústava
Obrázok 22: Prierez krokvy
Obrázok 23: Klieštiny
Obrázok 24: Prierez klieštiny
Obrázok 25: Sústava väzníc
Obrázok 26: Prierez väznice
Obrázok 27: Možnosti porušenia podľa normy ČSN EN 1701 pre spoj oceľ – drevo
Obrázok 28: Spôsob pripojenia krokvy K1 a klieštiny KL
Obrázok 29: Možnosti porušenia spoja pre daný prípad
Obrázok 30: Rozteče svorníkov pre prvky K1
Obrázok 31: Spôsob pripojenia krokvy K1 a klieštiny KL
Obrázok 32: Rozteče svorníkov pre prvky Z01
Obrázok 33: Spôsob pripojenia krokvy K2
Obrázok 34: Možnosti porušenia spoja pre daný dvojstrižný spoj
Obrázok 35: Rozteče svorníkov pre prvky Z02

Zoznam tabuliek

- Tab. 1.1: Stále zaťaženie – strešný plášť SP1
Tab. 1.2: Stále zaťaženie – strešný plášť SP2
Tab. 1.3: Stále zaťaženie – strešný plášť SP3
Tab. 2: Úžitné zaťaženie
Tab. 3: Tvarový súčiniteľ μ_1
Tab. 4: Súčinitele vonkajšieho tlaku vetra $C_{pe,10}$
Tab. 5: Plošné zaťaženie na strechu aj steny pre $C_{pi} = + 0,2$
Tab. 6: Plošné zaťaženie na strechu aj steny pre $C_{pi} = - 0,3$
Tab. 7: Hodnota k_{mod} pre lepené lamelové devo
Tab. 8: Hodnota k_{mod} pre rastlé devo

12.ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č.1 - Výpis nelineárnych kombinácií

Príloha č.2 - Oceľový profil BOVA

Príloha č.3 - Návrhové vnútorné sily a reakcie pre statické posúdenie vybraných prvkov

OSTATNÉ

Príloha č.4 – CD nosič

VÝKRESY

Výkres č.01	Pôdorys, pohľady, rezy	1:50
Výkres č.02	Detail oceľového prípoja Z01 , Z02	1:10
Výkres č.03	Ostatné prípoje - detail A, B	1:10
Výkres č.04	Ostatné prípoje - detail C, D	1:10

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra stavební mechaniky

Statická analýza lepenej lamelovej konštrukcie krovu

Statical analysis of roof from glued laminated timber

PRÍLOHY

Študent:

Viktor Konštiak

Vedúci bakalárskej práce:

doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.

Ostrava 2017

Príloha č.1 - Výpis nelineárnych kombinácií

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
NC1	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
NC2	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
NC3	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		WIND 1	0,90
NC4	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		WIND 2	0,90
NC5	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		WIND 3	0,90
NC6	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		WIND 4	0,90
NC7	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		WIND 5	0,90
NC8	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		WIND 6	0,90
NC9	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 1	1,50
NC10	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 2	1,50
NC11	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 3	1,50
NC12	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 1	1,50
NC13	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 2	1,50
NC14	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 1	1,50
NC15	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 3	1,50
NC16	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 2	1,50
NC17	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 1	1,50
NC18	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 3	1,50
NC19	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 2	1,50
NC20	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 1	1,50
NC20	Únosnost	WIND 4	0,90

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]	
+ *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*				
NC21	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35	
		SKLADBY	1,35	
		SNOW 3	1,50	
		WIND 3	0,90	
NC22	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35	
		SKLADBY	1,35	
		SNOW 2	1,50	
		WIND 4	0,90	
NC23	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35	
		SKLADBY	1,35	
		SNOW 1	1,50	
		WIND 5	0,90	
NC24	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35	
		SKLADBY	1,35	
		SNOW 3	1,50	
		WIND 4	0,90	
NC25	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35	
		SKLADBY	1,35	
		SNOW 2	1,50	
		WIND 5	0,90	
NC26	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35	
		SKLADBY	1,35	
		SNOW 1	1,50	
		WIND 6	0,90	
NC27	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35	
		SKLADBY	1,35	
		SNOW 3	1,50	
		WIND 5	0,90	
NC28	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35	
		SKLADBY	1,35	
		SNOW 2	1,50	
		WIND 6	0,90	
NC29	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35	
		SKLADBY	1,35	
		SNOW 3	1,50	
		WIND 6	0,90	
NC30	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00	
		SKLADBY	1,00	
		WIND 1	0,90	
		NC31	Únosnost	VL. TIAŽ
SKLADBY	1,00			
WIND 2	0,90			
NC32	Únosnost			VL. TIAŽ
		SKLADBY	1,00	
		WIND 3	0,90	
		NC33	Únosnost	VL. TIAŽ
SKLADBY	1,00			
WIND 4	0,90			
NC34	Únosnost			VL. TIAŽ
		SKLADBY	1,00	
		WIND 5	0,90	
		NC35	Únosnost	VL. TIAŽ
SKLADBY	1,00			
WIND 6	0,90			
NC36	Únosnost			VL. TIAŽ
		SKLADBY	1,00	
		SNOW 1	1,50	
		NC37	Únosnost	VL. TIAŽ
SKLADBY	1,00			
SNOW 2	1,50			
NC38	Únosnost			VL. TIAŽ
		SKLADBY	1,00	
		SNOW 3	1,50	
		NC39	Únosnost	VL. TIAŽ
SKLADBY	1,00			
SNOW 1	1,50			
NC40	Únosnost			WIND 1
		Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*		
		VL. TIAŽ	1,00	
		SKLADBY	1,00	

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
NC40	Únosnost	SNOW 2	1,50
		WIND 1	0,90
NC41	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 1	1,50
		WIND 2	0,90
NC42	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	1,50
		WIND 1	0,90
NC43	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 2	1,50
		WIND 2	0,90
NC44	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 1	1,50
		WIND 3	0,90
NC45	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	1,50
		WIND 2	0,90
NC46	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 2	1,50
		WIND 3	0,90
NC47	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 1	1,50
		WIND 4	0,90
NC48	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	1,50
		WIND 3	0,90
NC49	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 2	1,50
		WIND 4	0,90
NC50	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 1	1,50
		WIND 5	0,90
NC51	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	1,50
		WIND 4	0,90
NC52	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 2	1,50
		WIND 5	0,90
NC53	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 1	1,50
		WIND 6	0,90
NC54	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	1,50
		WIND 5	0,90
NC55	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 2	1,50
		WIND 6	0,90
NC56	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	1,50
		WIND 6	0,90
NC57	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 1	0,75

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			
NC58	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 2	0,75
NC59	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 3	0,75
NC60	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		WIND 1	1,50
NC61	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		WIND 2	1,50
NC62	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		WIND 3	1,50
NC63	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		WIND 4	1,50
NC64	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		WIND 5	1,50
NC65	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		WIND 6	1,50
NC66	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 1	0,75
NC67	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 2	0,75
NC68	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 1	0,75
NC69	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 3	0,75
NC70	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 2	0,75
NC71	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 1	0,75
NC72	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 3	0,75
NC73	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 2	0,75
NC74	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 1	0,75
NC75	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 3	0,75
NC76	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 2	0,75
NC77	Únosnost	WIND 4	1,50
Studentská verze *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*			

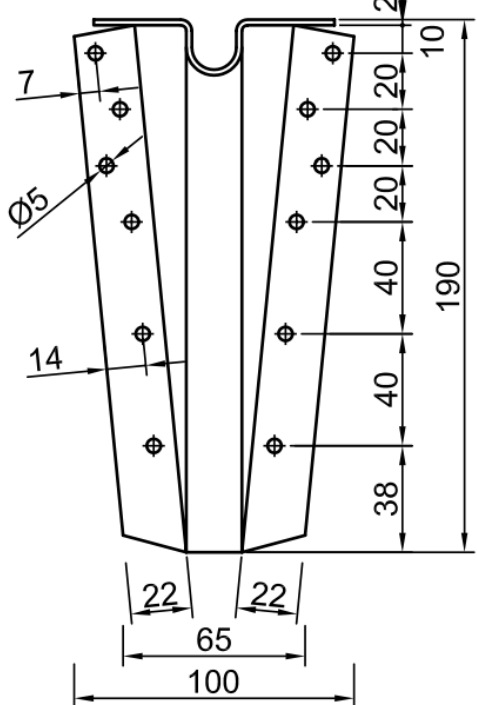
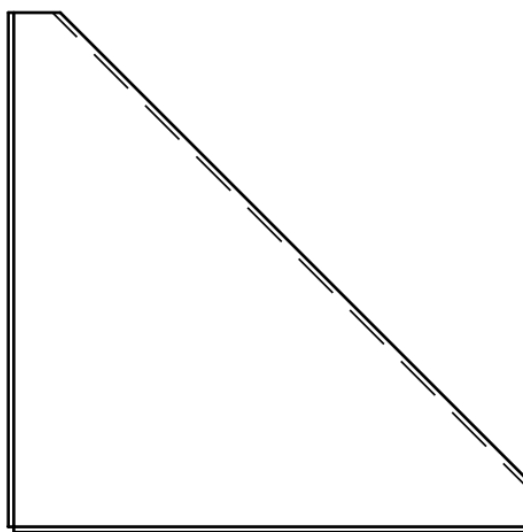
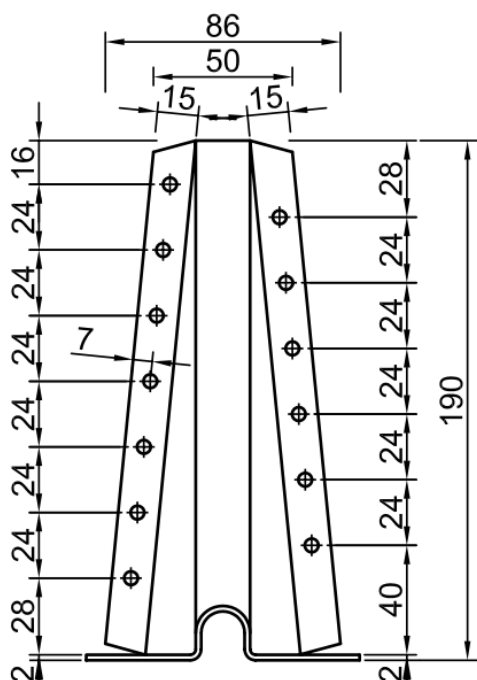
Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC77	Únosnost	SKLADBY	1,35
		SNOW 1	0,75
		WIND 5	1,50
NC78	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 3	0,75
		WIND 4	1,50
NC79	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 2	0,75
		WIND 5	1,50
NC80	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 1	0,75
		WIND 6	1,50
NC81	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 3	0,75
		WIND 5	1,50
NC82	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 2	0,75
		WIND 6	1,50
NC83	Únosnost	VL. TIAŽ	1,35
		SKLADBY	1,35
		SNOW 3	0,75
		WIND 6	1,50
NC84	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 1	0,75
NC85	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 2	0,75
NC86	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	0,75
NC87	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		WIND 1	1,50
NC88	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		WIND 2	1,50
NC89	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		WIND 3	1,50
NC90	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		WIND 4	1,50
NC91	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		WIND 5	1,50
NC92	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		WIND 6	1,50
NC93	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 1	0,75
		WIND 1	1,50
NC94	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 2	0,75
		WIND 1	1,50
NC95	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 1	0,75
NC96	Únosnost	WIND 2	1,50
		VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	0,75

Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
NC96	Únosnost	WIND 1	1,50
NC97	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 2	0,75
		WIND 2	1,50
NC98	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 1	0,75
		WIND 3	1,50
NC99	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	0,75
		WIND 2	1,50
NC100	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 2	0,75
		WIND 3	1,50
NC101	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 1	0,75
		WIND 4	1,50
NC102	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	0,75
		WIND 3	1,50
NC103	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 2	0,75
		WIND 4	1,50
NC104	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 1	0,75
		WIND 5	1,50
NC105	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	0,75
		WIND 4	1,50
NC106	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 2	0,75
		WIND 5	1,50
NC107	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 1	0,75
		WIND 6	1,50
NC108	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	0,75
		WIND 5	1,50
NC109	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 2	0,75
		WIND 6	1,50
NC110	Únosnost	VL. TIAŽ	1,00
		SKLADBY	1,00
		SNOW 3	0,75
		WIND 6	1,50

Príloha č.2 – Ocel'ový profil BOVA



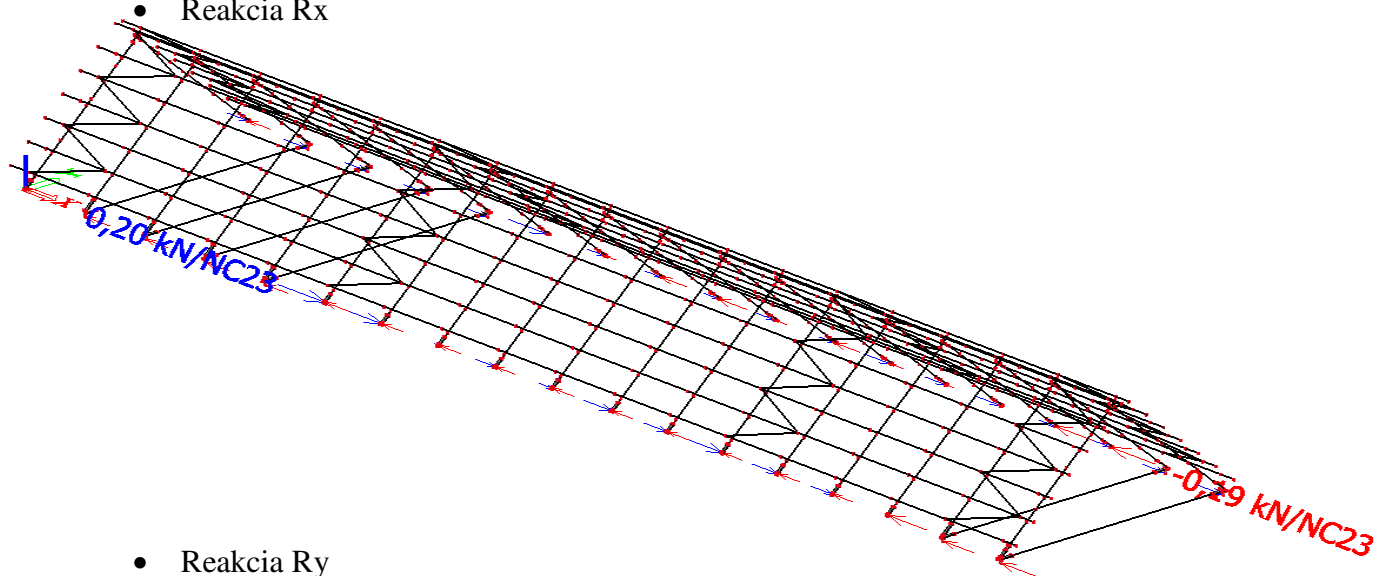
PODPĚRA BV/P 200



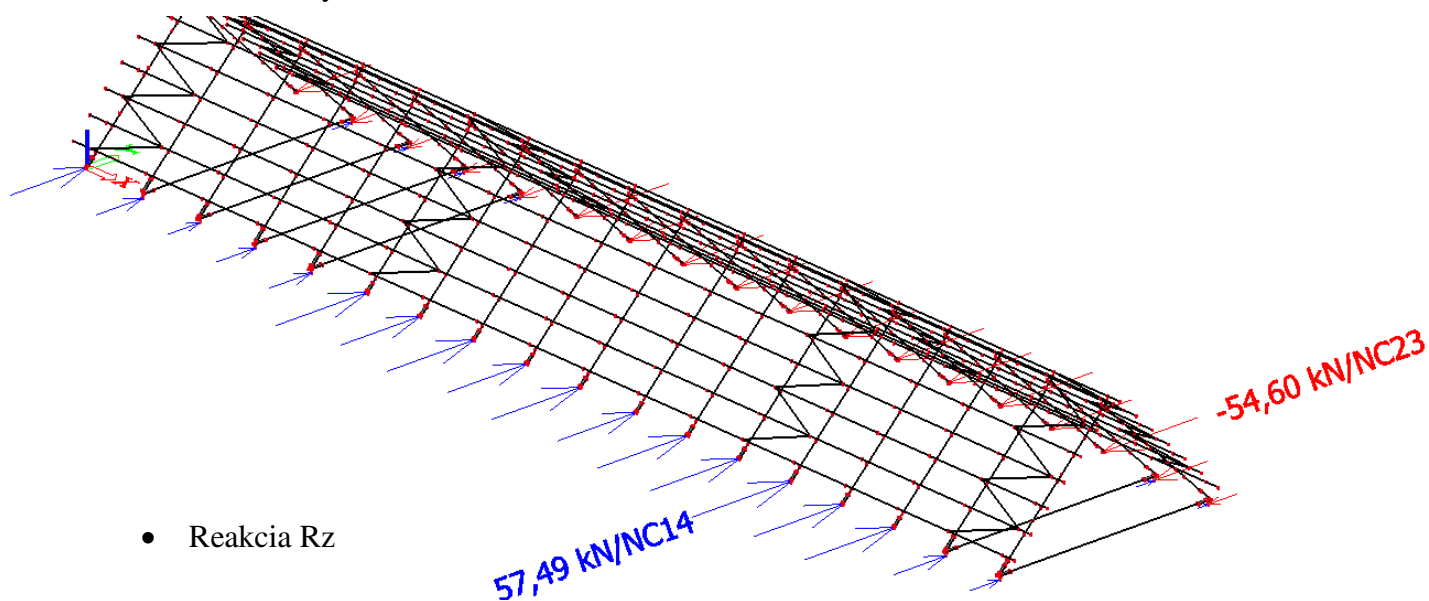
Príloha č.3 - Návrhové vnútorné sily a reakcie pre statické posúdenie vybraných prvkov

1. Veľkosť reakcií

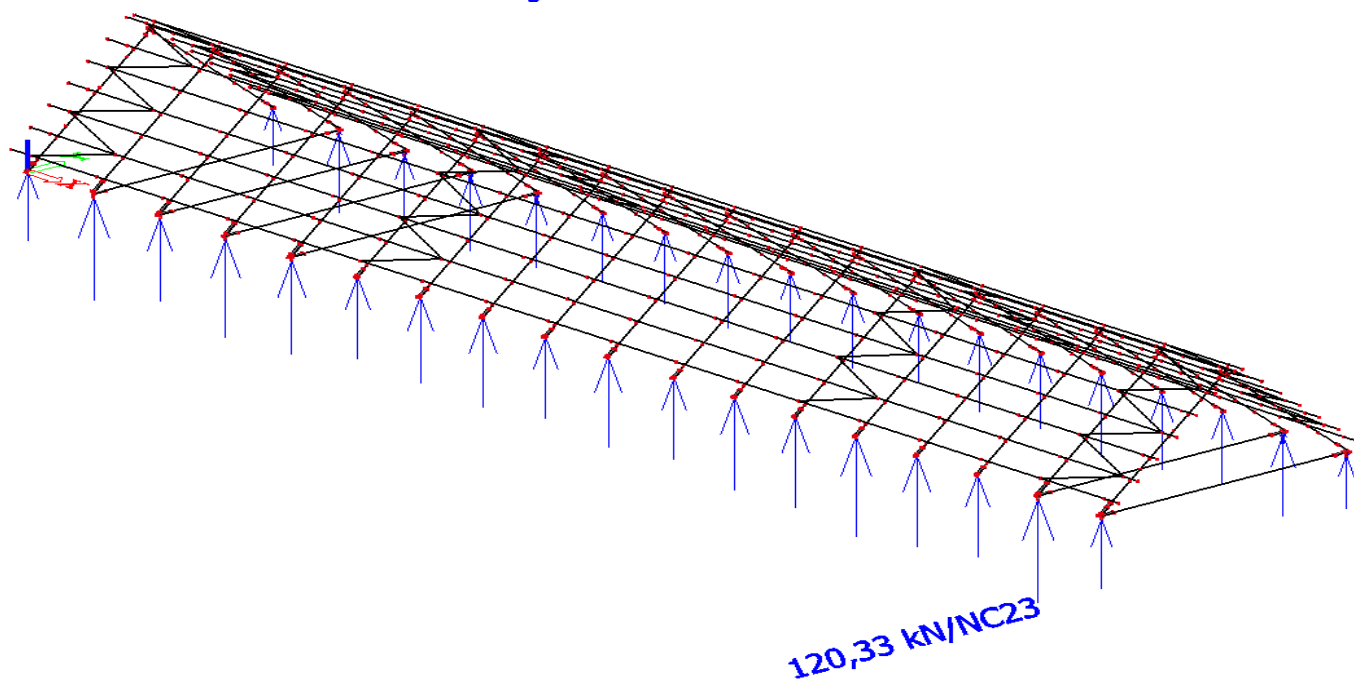
- Reakcia Rx



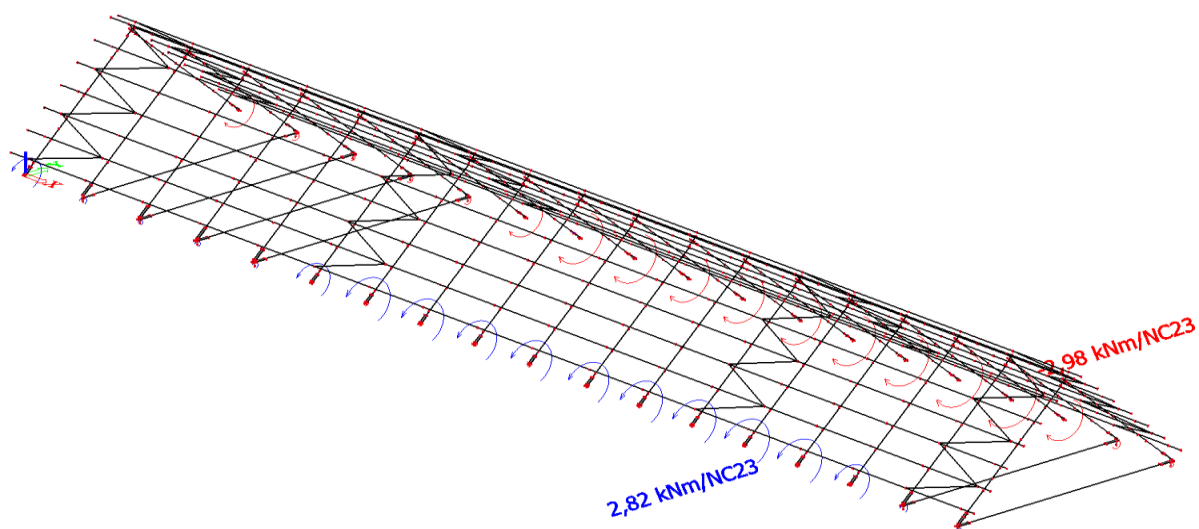
- Reakcia Ry



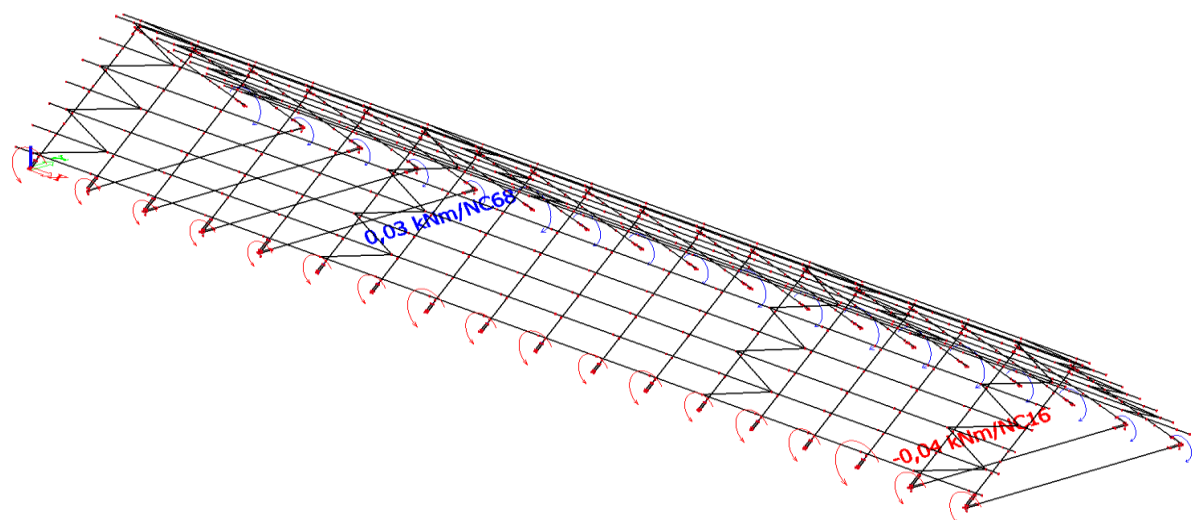
- Reakcia Rz



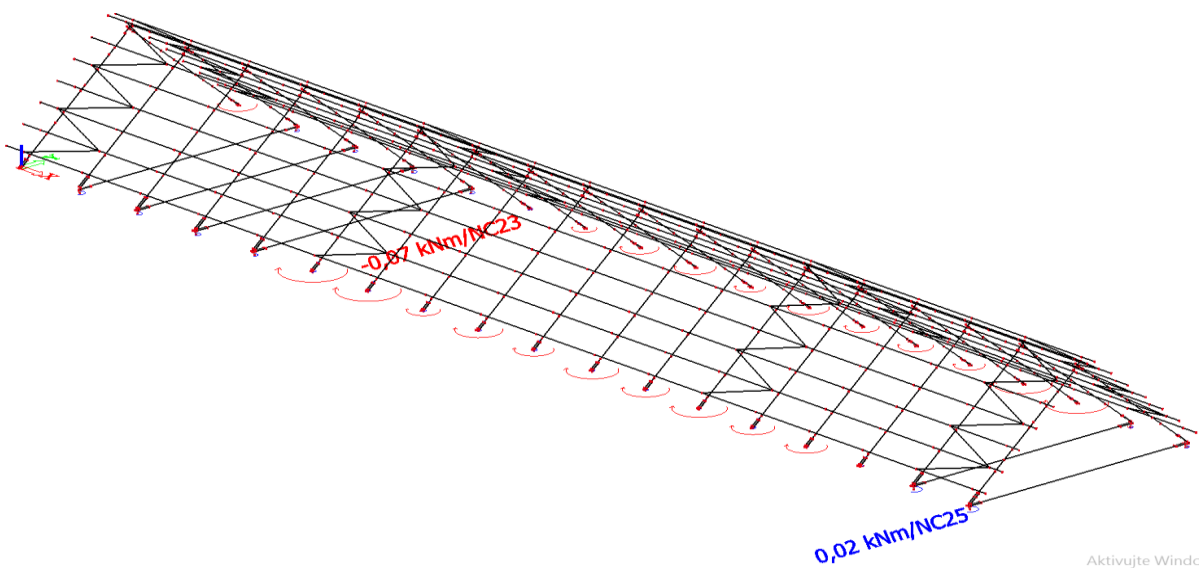
- Reakcia M_x



- Reakcia M_y

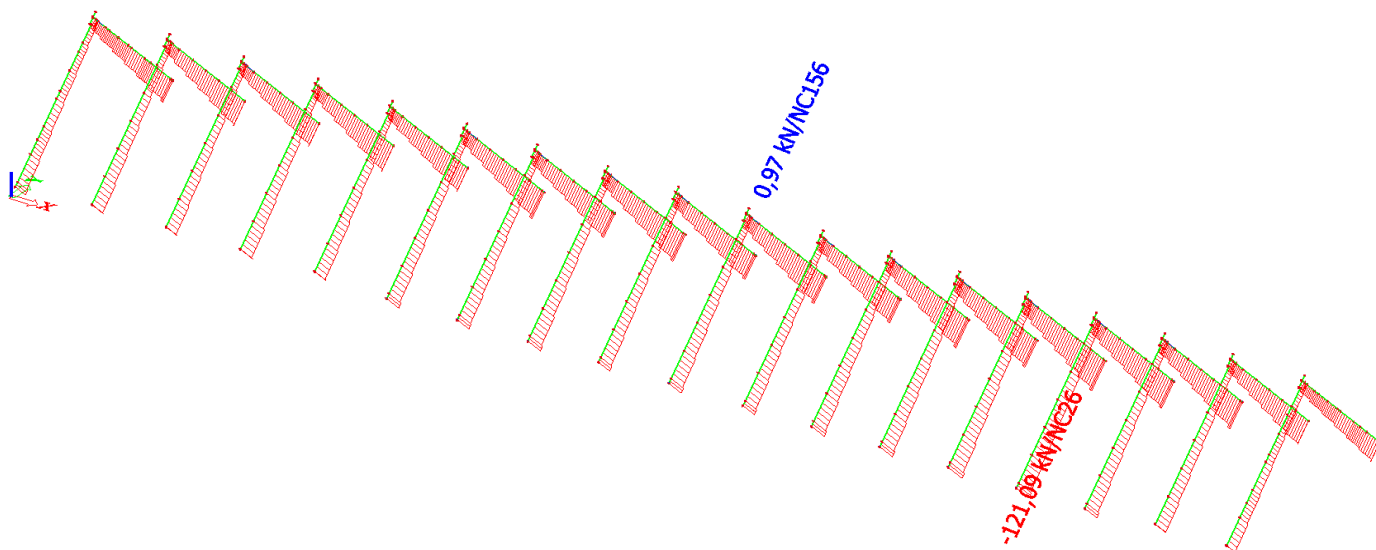


- Reakcia M_z

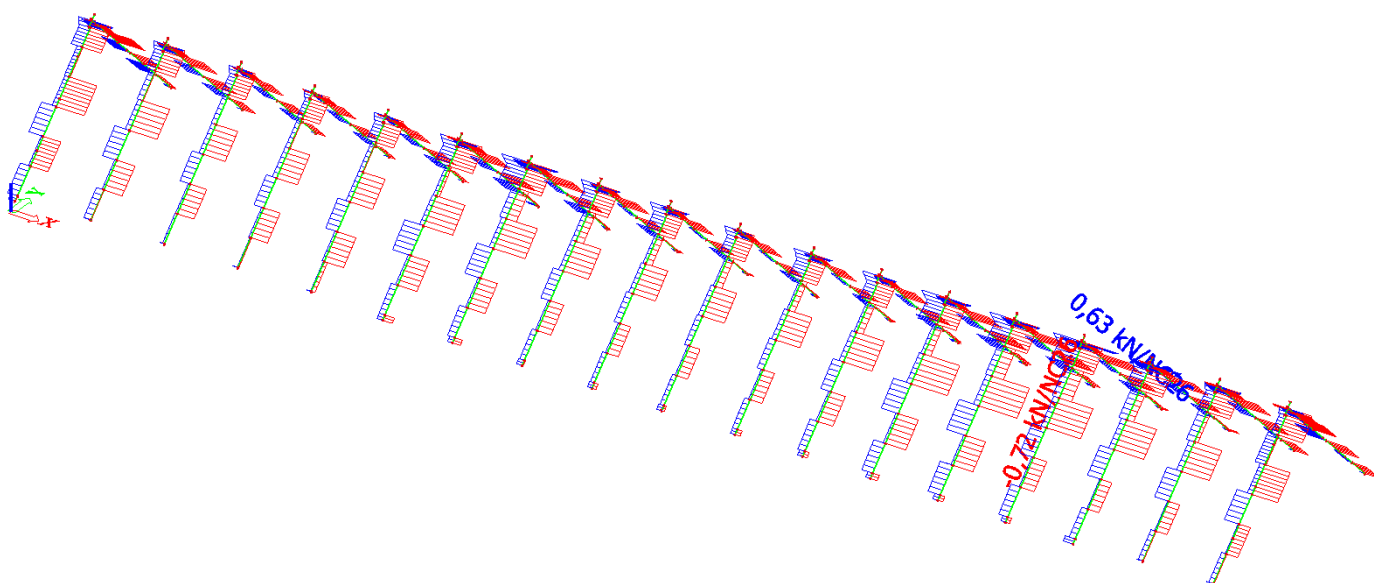


2. Vnútorné sily – krokva

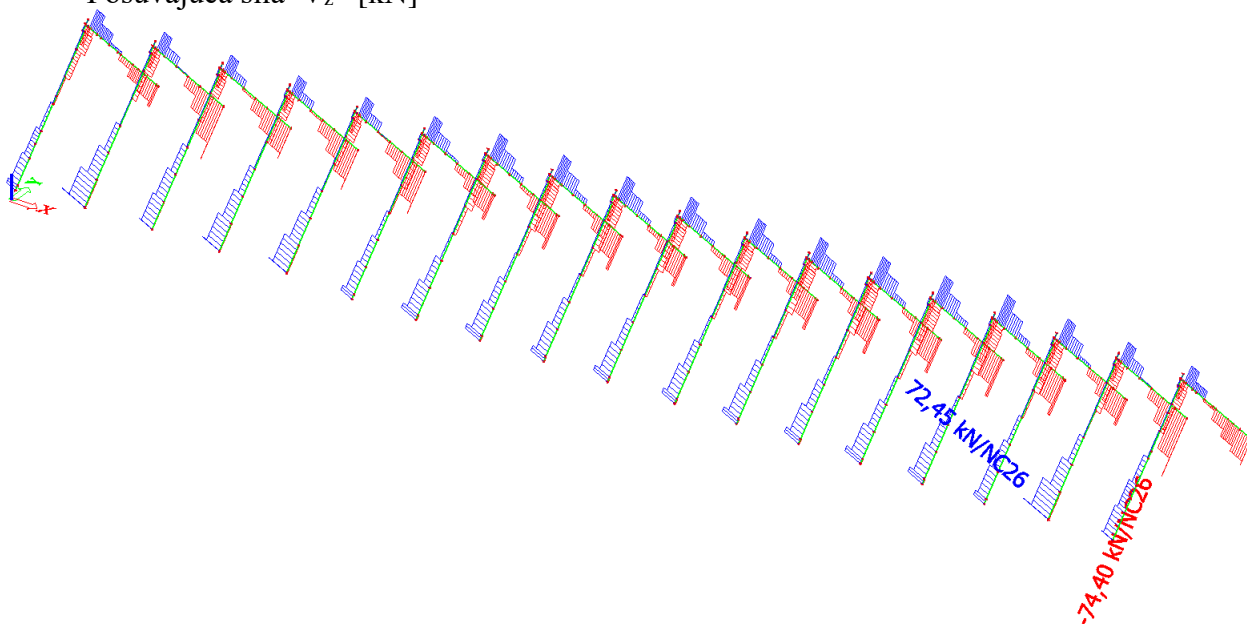
- Normálová sila N



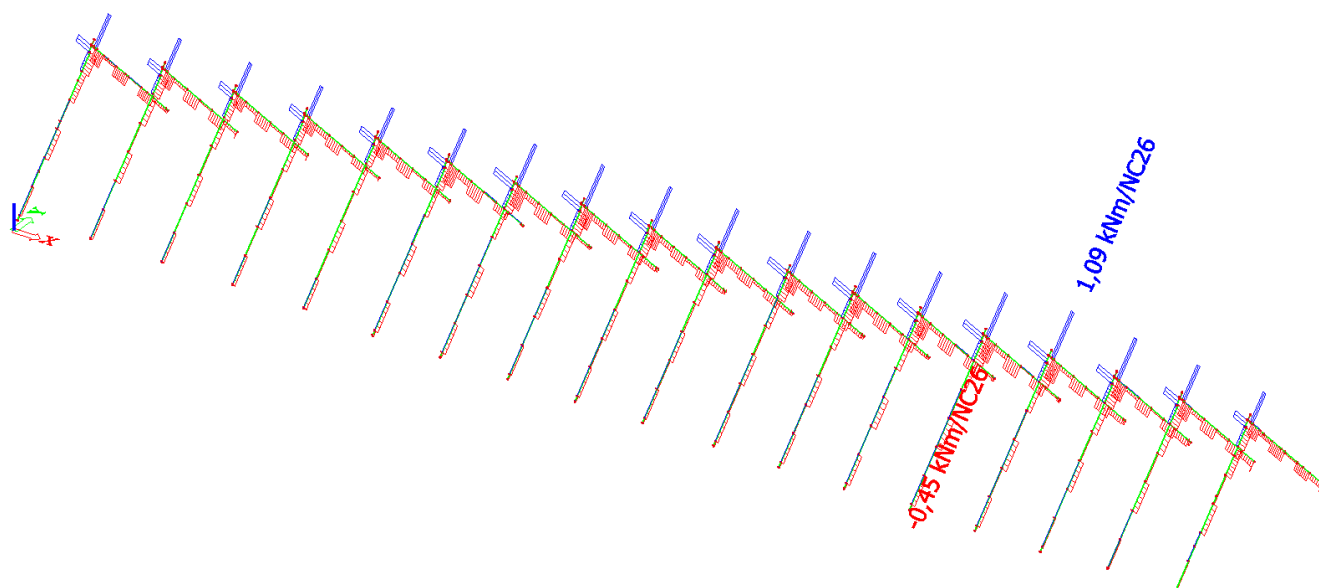
- Posúvajúca sila V_y [kN]



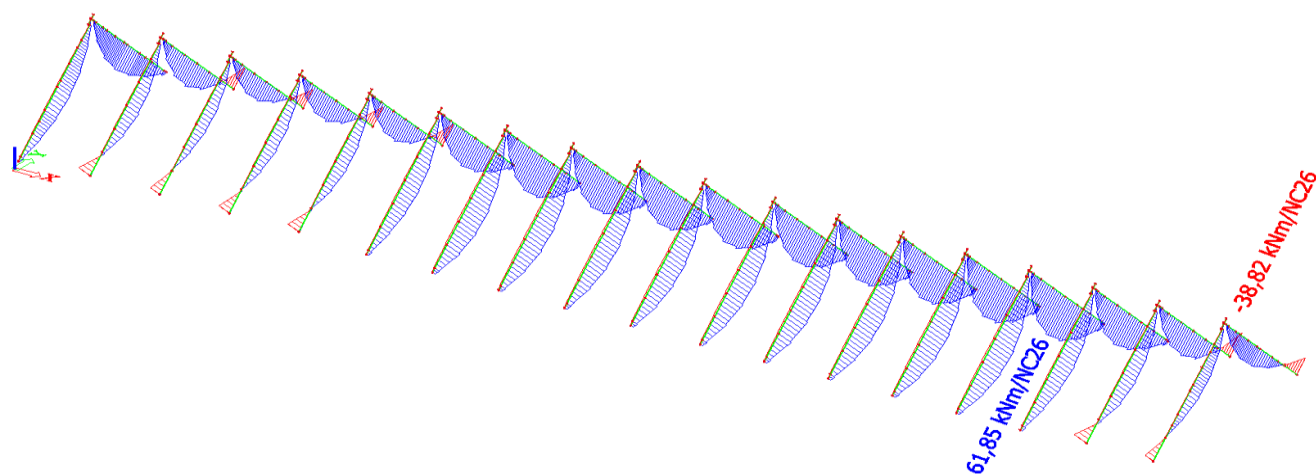
- Posúvajúca sila V_z [kN]



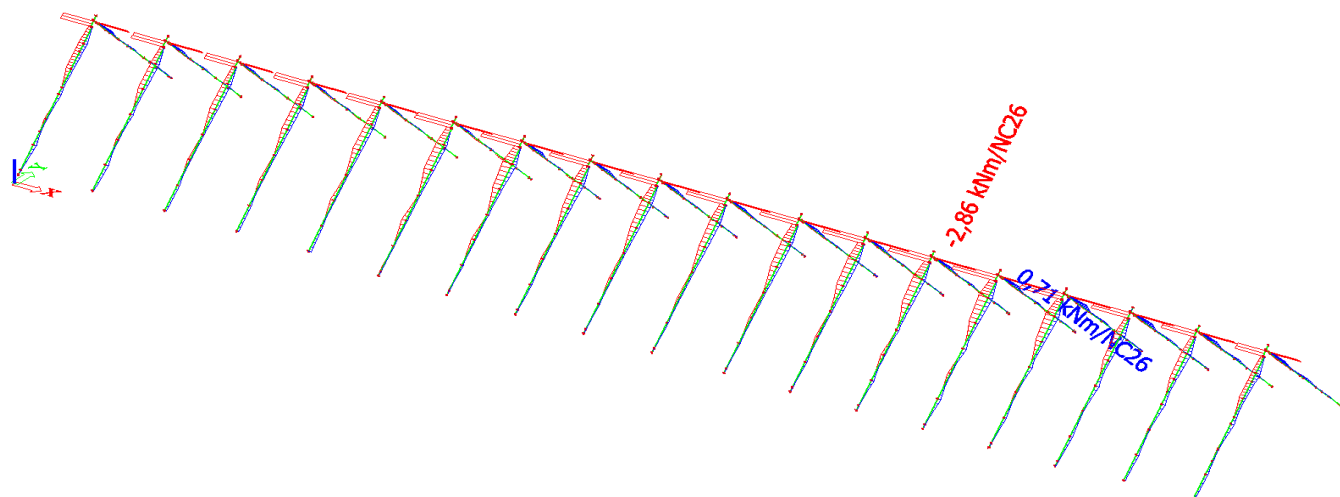
- Ohybový moment M_x [kN]



- Ohybový moment M_y [kNm]

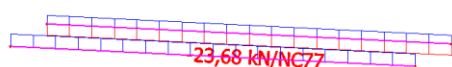
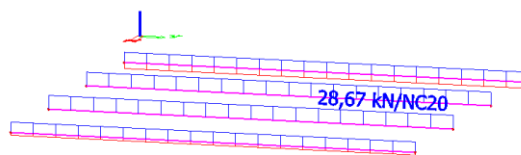


- Ohybový moment M_z [kNm]

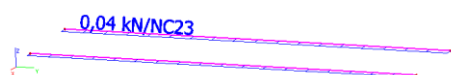
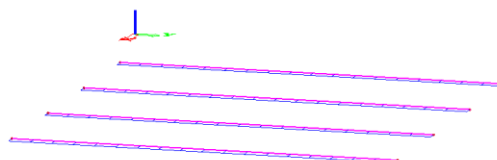


3. Vnútročné sily – klieštiny

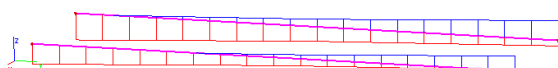
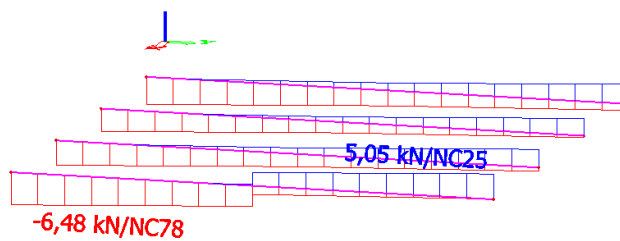
- Normálová sila N [kN]



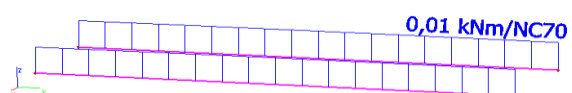
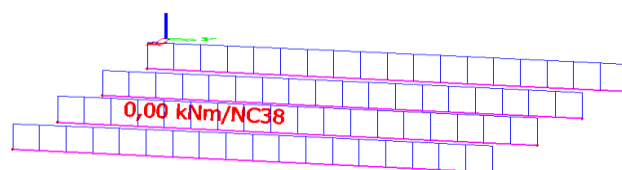
- Posúvajúca sila V_y [kN]



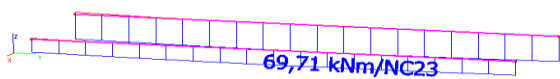
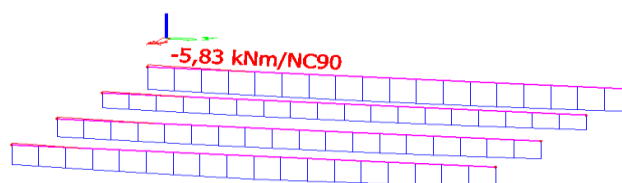
- Posúvajúca sila V_z [kN]



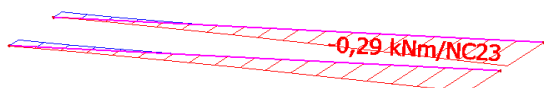
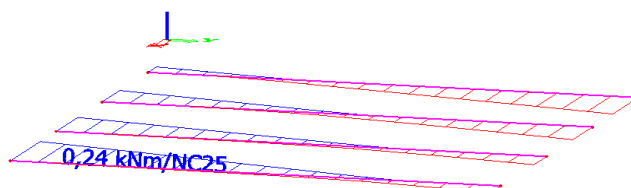
- Ohybový moment M_x [kNm]



- Ohybový moment M_y [kNm]

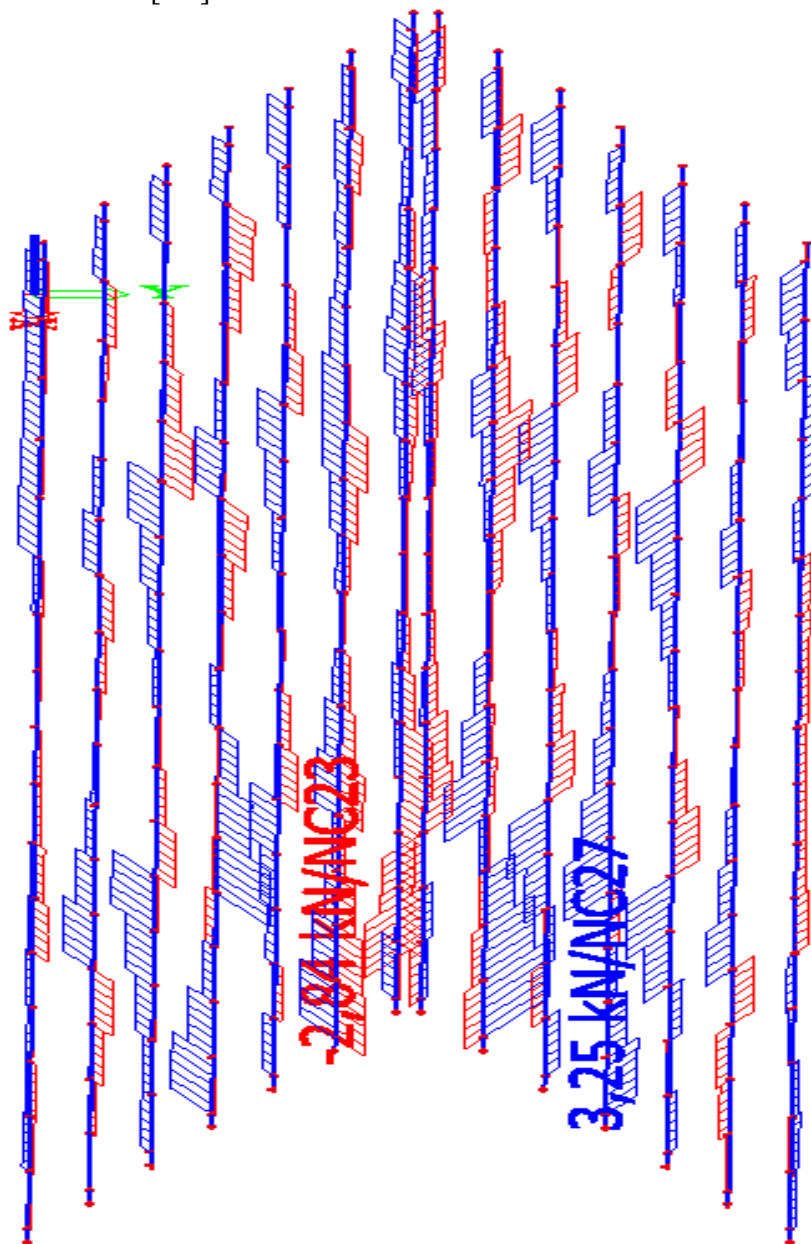


- Ohybový moment M_z [kNm]

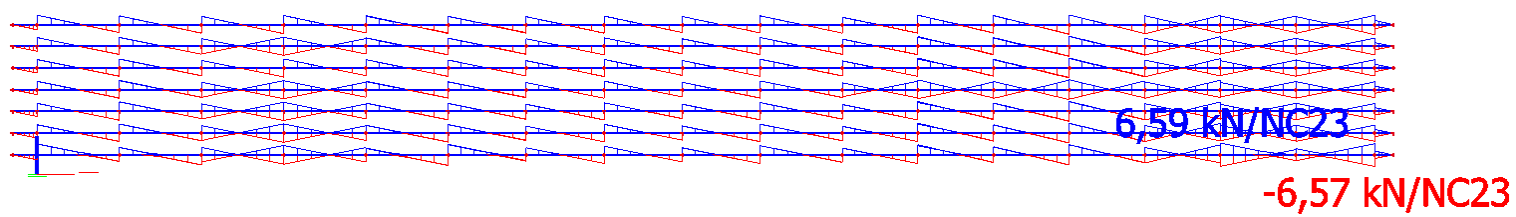


4. Vnútorné sily – väznica

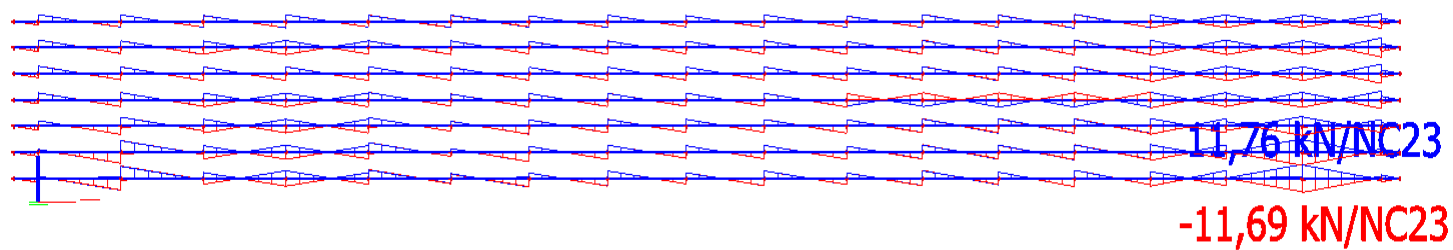
- Normálová sila N [kN]



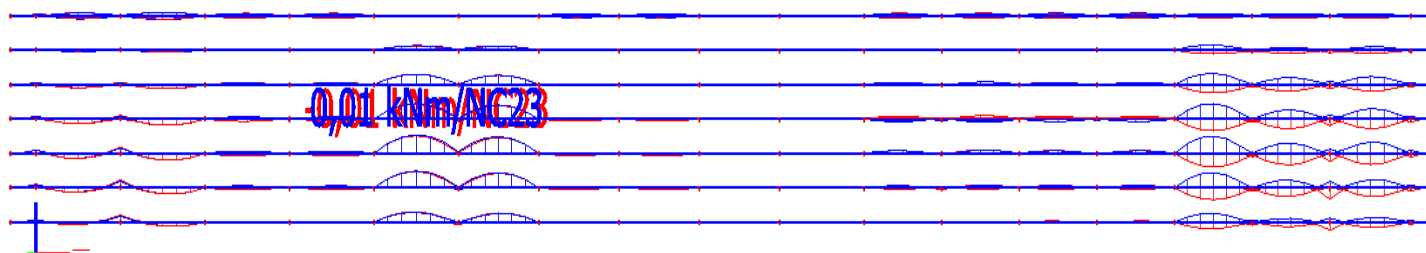
- Posúvajúca sila V_y [kN]



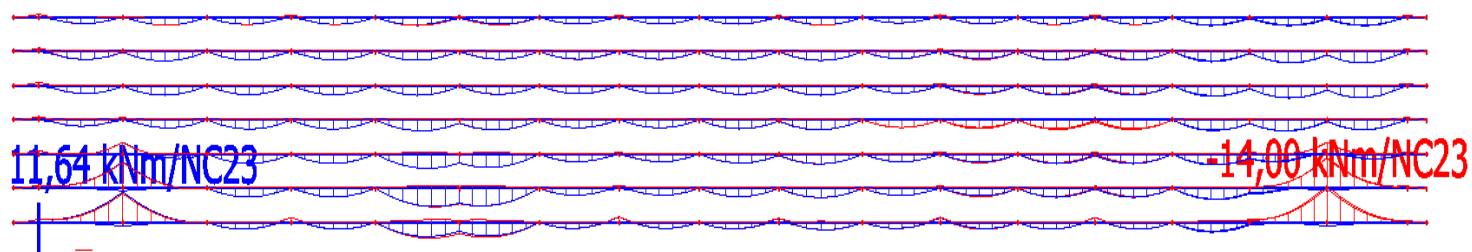
- Posúvajúca sila V_z [kN]



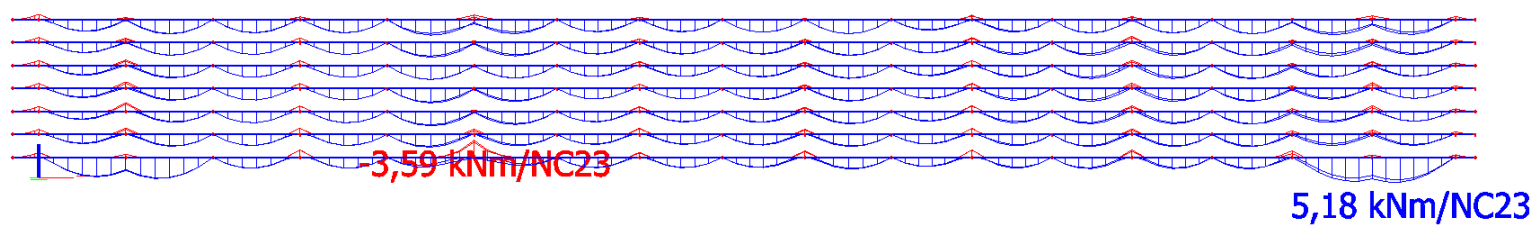
- Ohybový moment M_x [kNm]

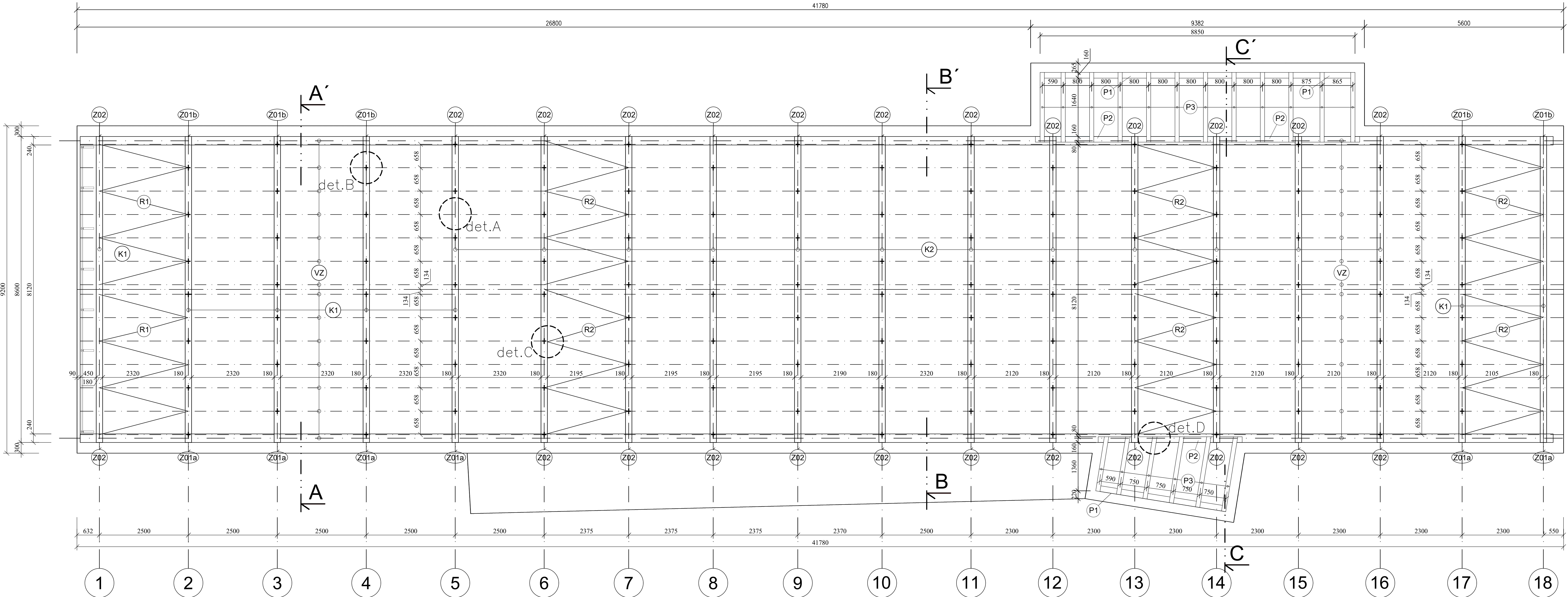


- Ohybový moment M_y [kNm]



- Ohybový moment M_z [kNm]



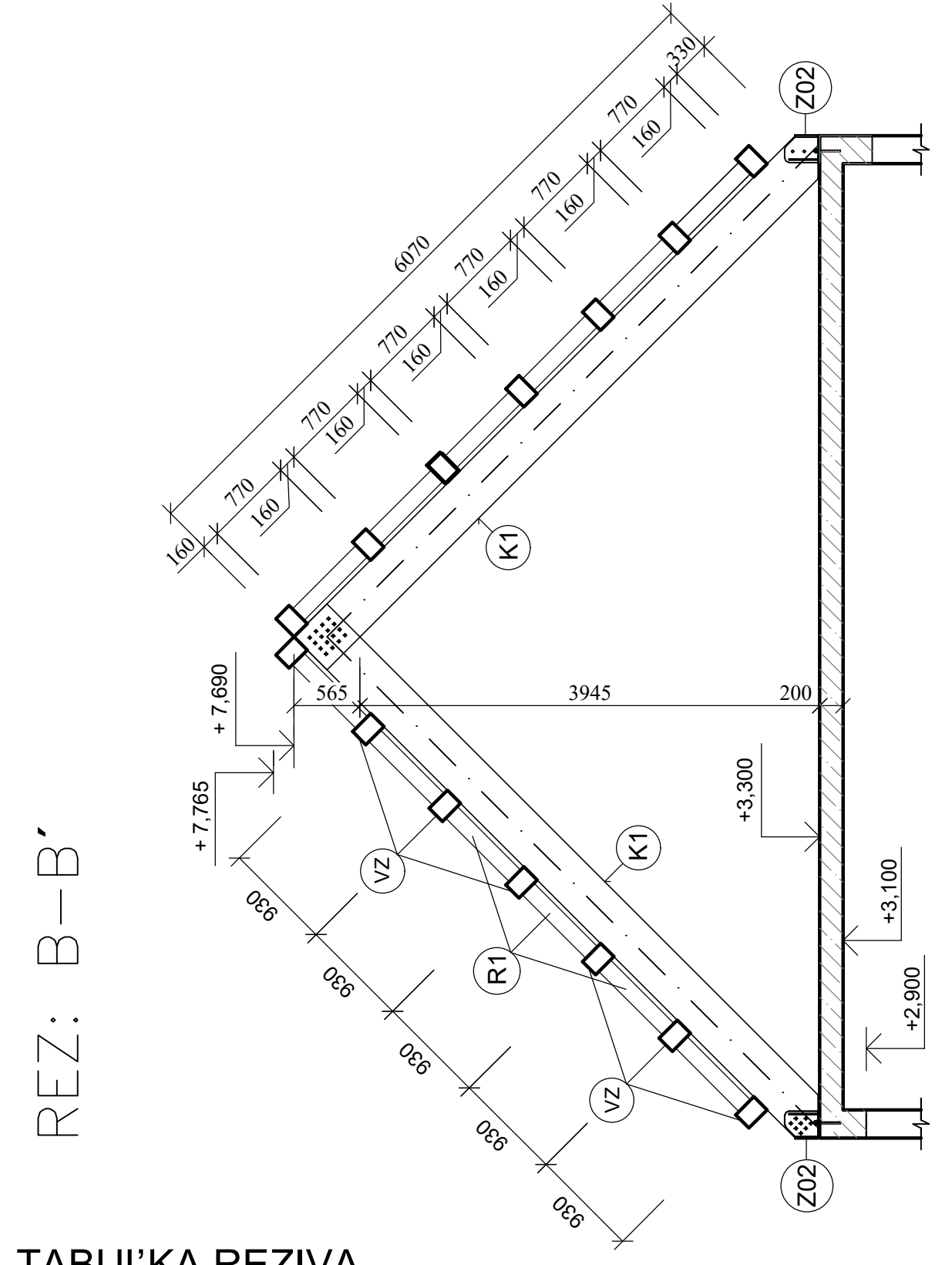
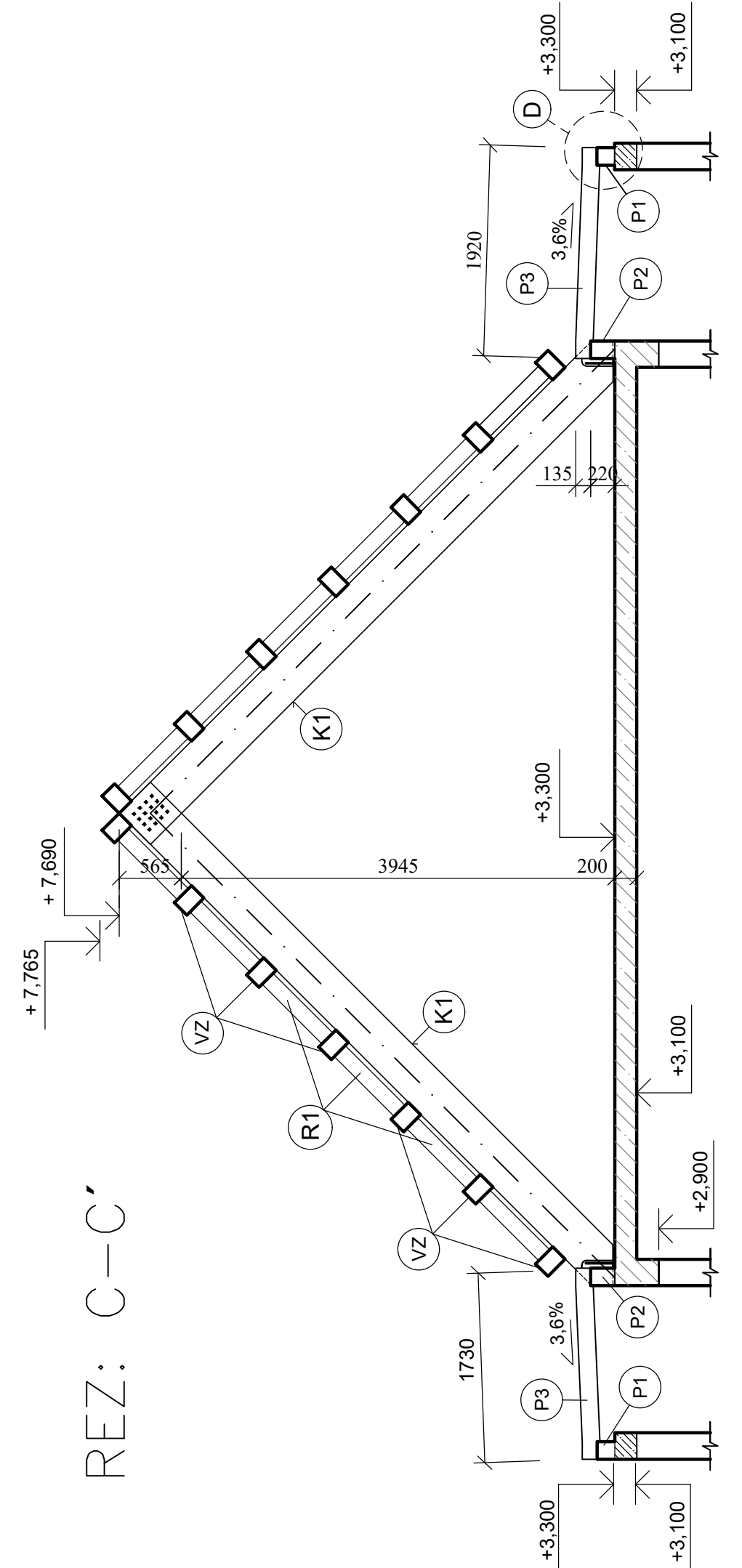
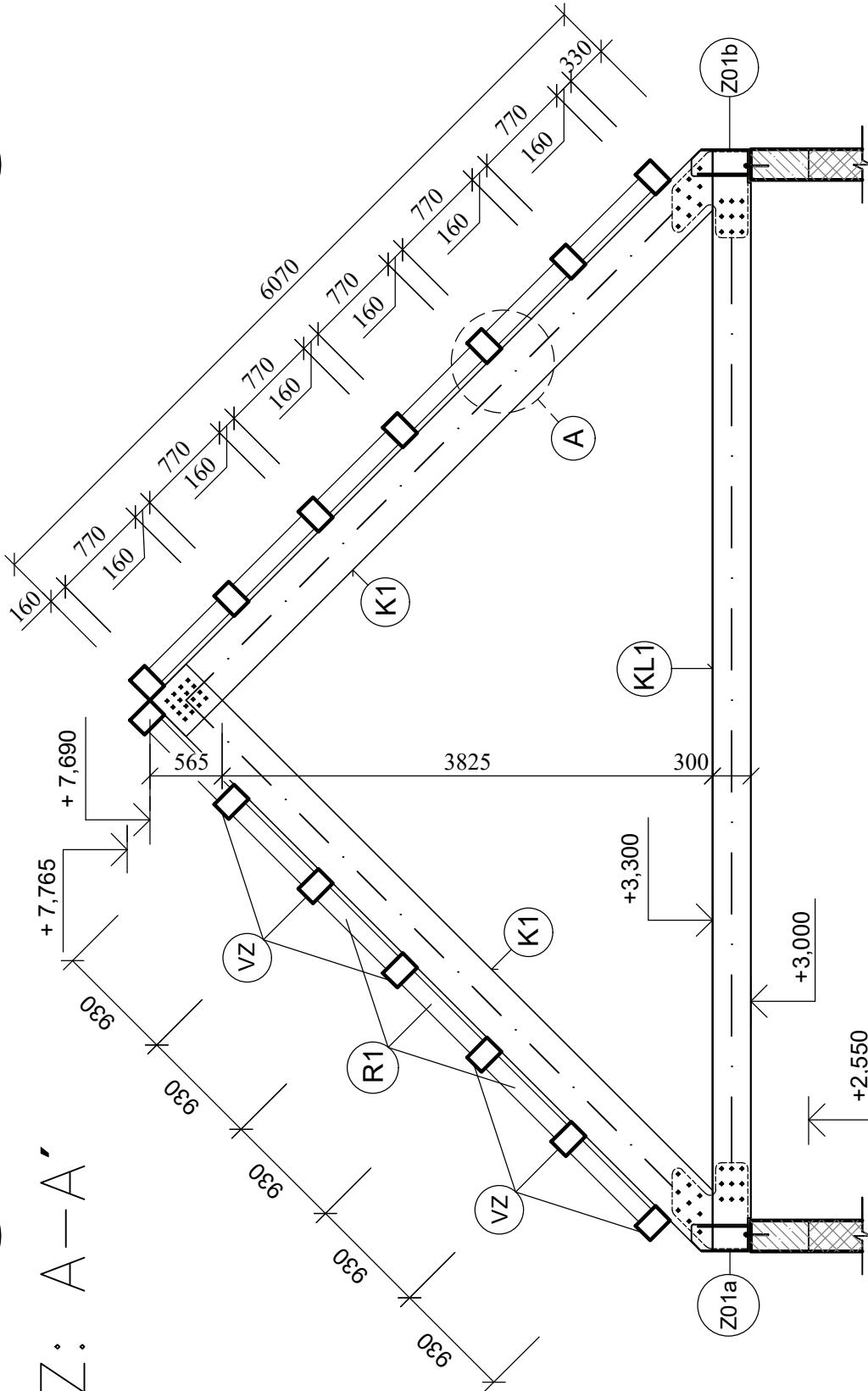


1m

REZ: A-A'

REZ: B-B'

REZ: C-C'



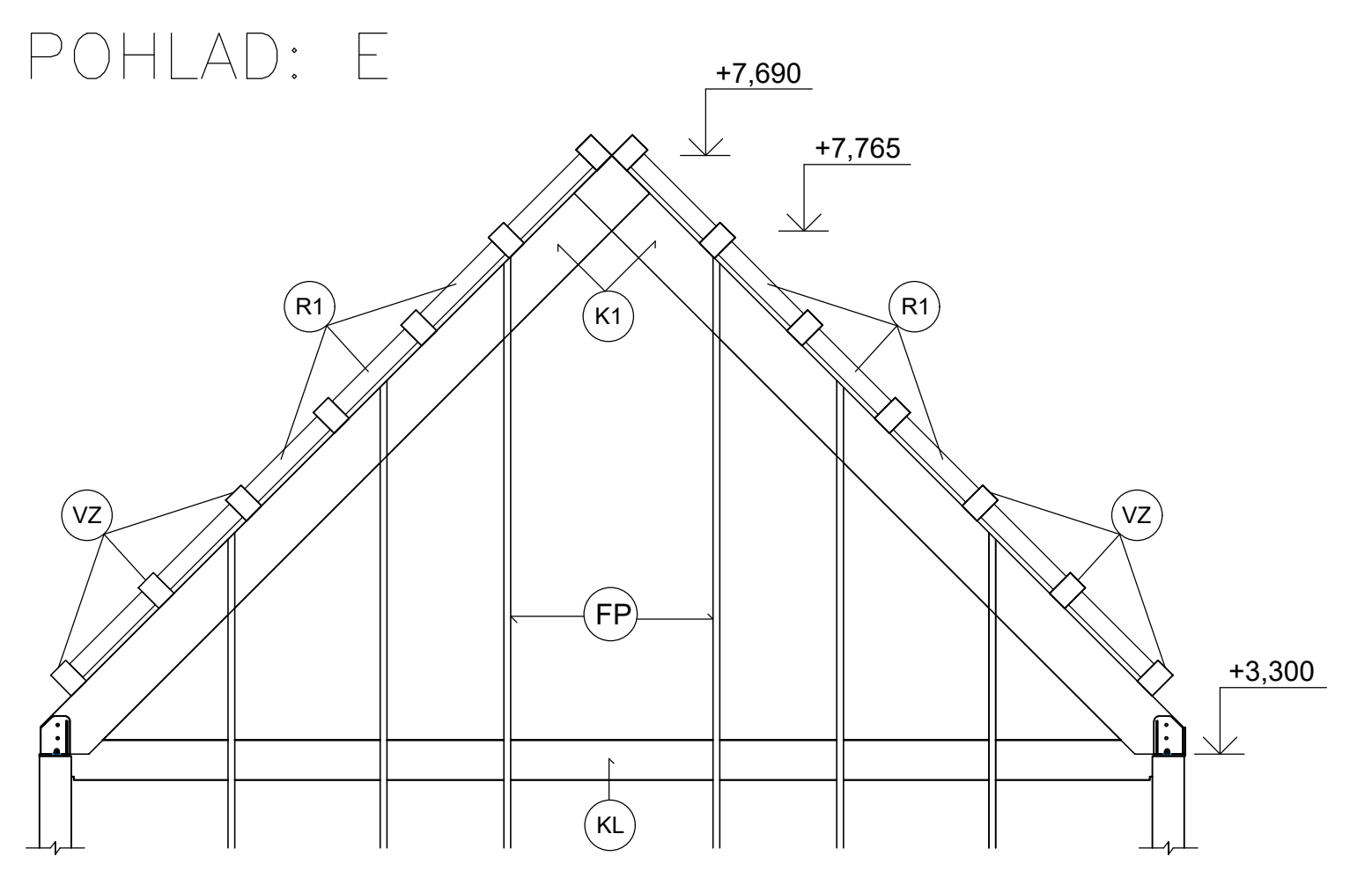
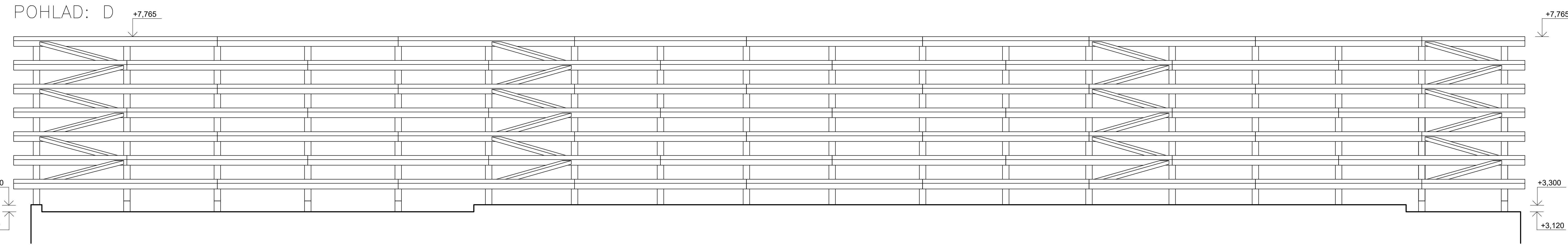
TABUĽKA REZIVA

OZN.	DRUH REZIVA	PRIEREZ (mm)	DĹŽKA (m)	POČET (ks)	OBJEM (m³)
(K1)	KROKVA	180 x 400	6 070	12	5,244
(KL)	KLIŠTINA	180 x 300	8 580	6	2,780
(K2)	KROKVA	180 x 400	6 070	24	10,489
(VZ)	VÁZNICA	160 x 220	4 600	126	20,402
(R)	ROZPERA	140 x 140	2 370	48	2,230
(P1)	POMŮRNICA	160 x 140	11 750	-	0,263
(P2)	POMŮRNICA	160 x 200	13 100	-	0,419
(P3)	KROKVA	120 x 160	1 970	18	0,681
SPOLU :					42,870 m³

POZNÁMKY:

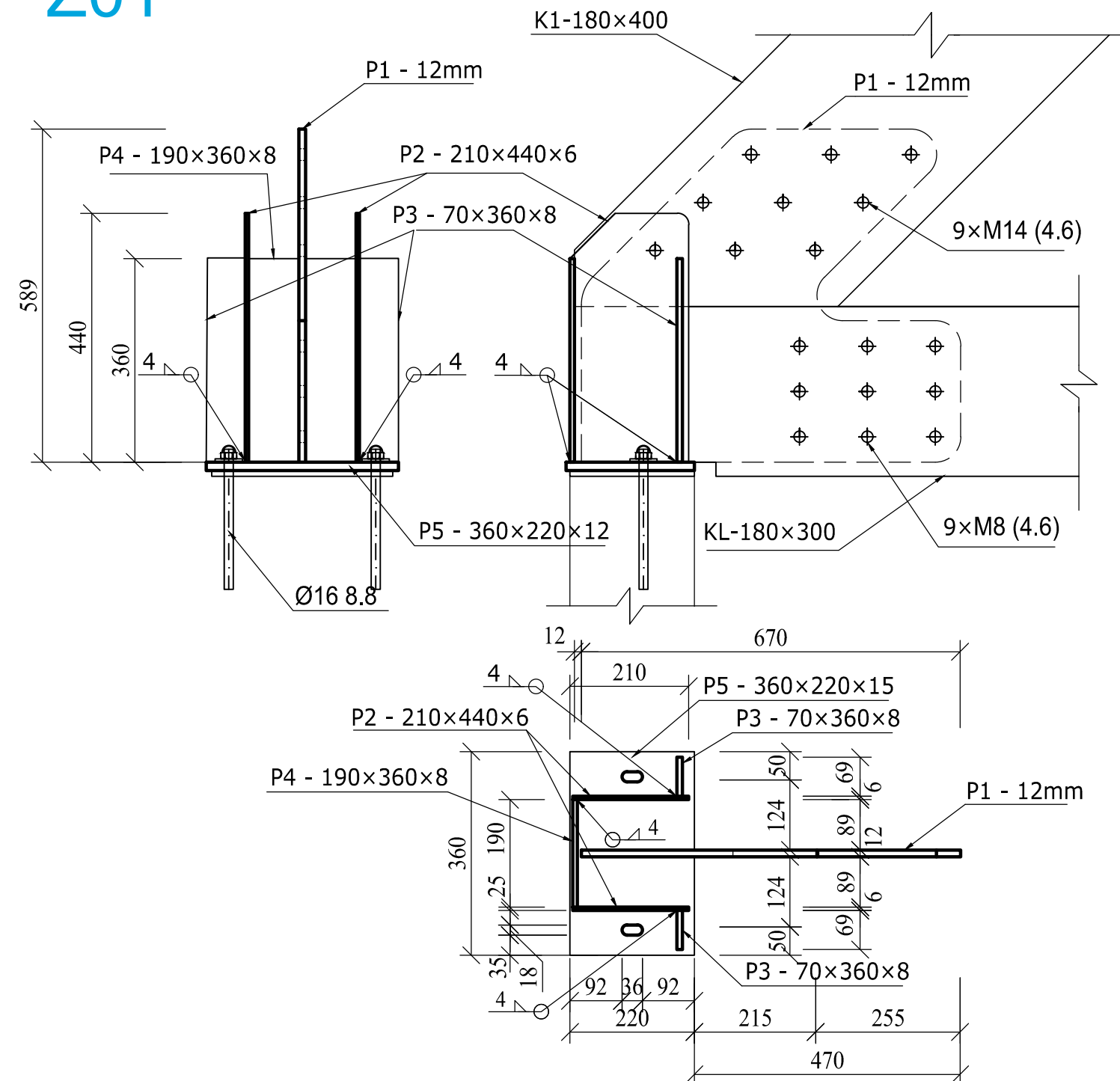
– VÁZNICE SÚ DVOJPOLOVÉ NOSNÍKY, PRIČOM NUTNÉ ICH PRESTRIEDANÉ ULOŽENIE, ABY NEDOCHÁDZALO PÔSOBIENIU ZATAŽENIA JE NA UČITÝCH UMIESTACH

± 0,000 = 544,25 m.n.m. (BPV)



VEDÚCI BP doc.ing. JIŘÍ BROŽOVSKÝ, Ph.D.	VYPRACOVAL KONŠTIAK VIKTOR	KONZULTANT BP Ing. David Mikolášek, Ph.D.	STAVEBNÁ FAKULTA VŠB-TU OSTRAVA
NÁZOV BAKALÁRSKEJ PRÁCE			KATEDRA : KONSTRUKCIE STAVEB 221
STATICKÁ ANALÝZA LEPENEJ LAMELOVEJ KONSTRUKCIE KROVU			FORMAT : 14x44
			DATEM : 02.05.2017
			OBOR : 36079037
			SK. ROK : 2016/2017
NÁZOV VÝKRESU PÓDORYS, REZY, PODĽADY			ČÍSLO VÝKRESU 1:50 1

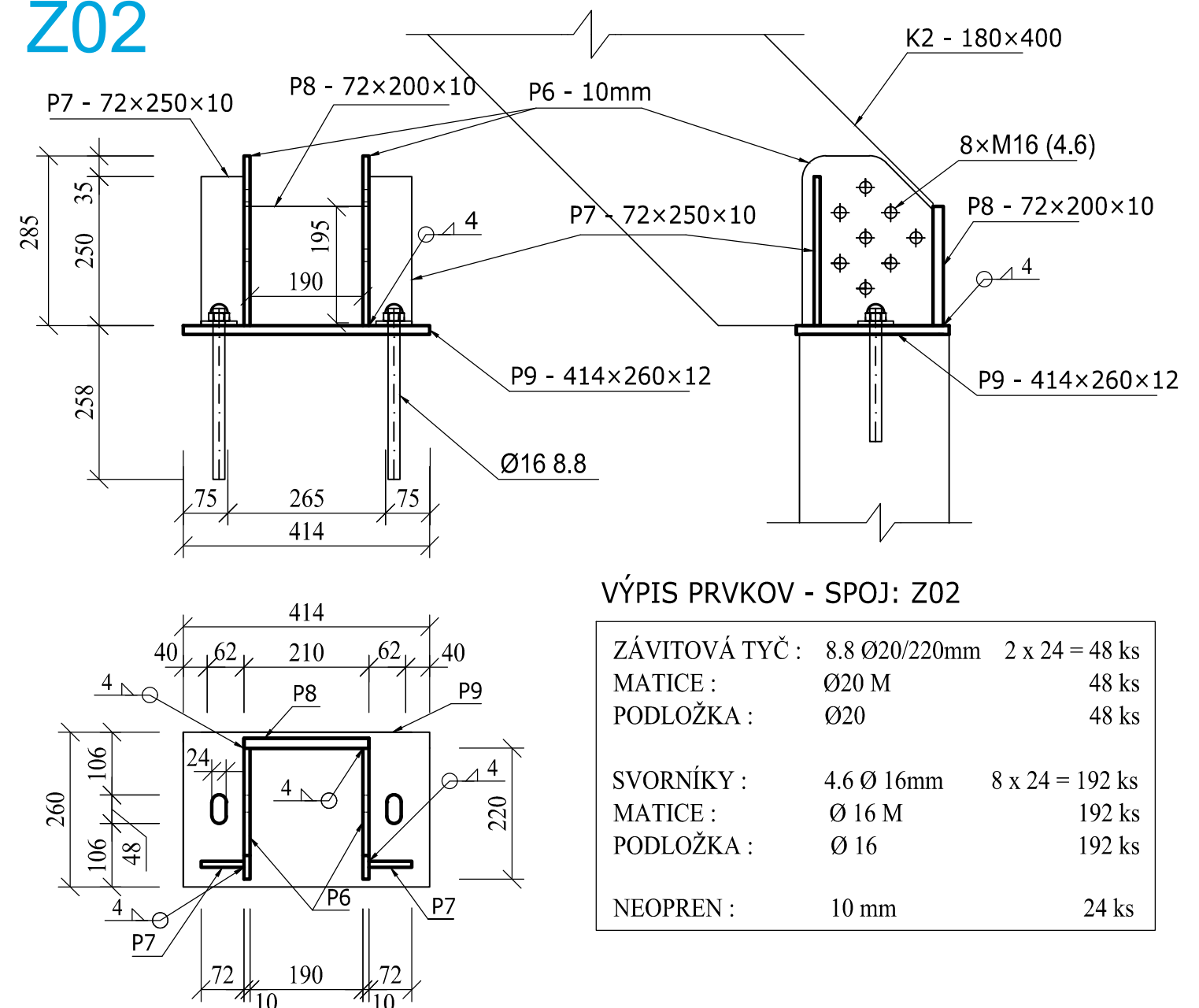
Z01



VÝPIS PRVKOV - SPOJ : Z01

ZÁVITOVÁ ČASŤ :	8.8 Ø16/200mm	2 x 12 = 24 ks
MATICE :	Ø16 M	24 ks
PODLOŽKA :	Ø16	24 ks
SVORNÍKY :	4.6 Ø 14mm	9 x 12 = 108 ks
	4.6 Ø 8mm	9 x 12 = 108 ks
MATICE :	Ø 14 M	108 ks
	Ø 8 M	108 ks
PODLOŽKA :	Ø 14	108 ks
	Ø 8	108 ks
NEOPREN :	10 mm	12 ks

Z02




VÝPIS PRVKOV - SPOJ: Z02

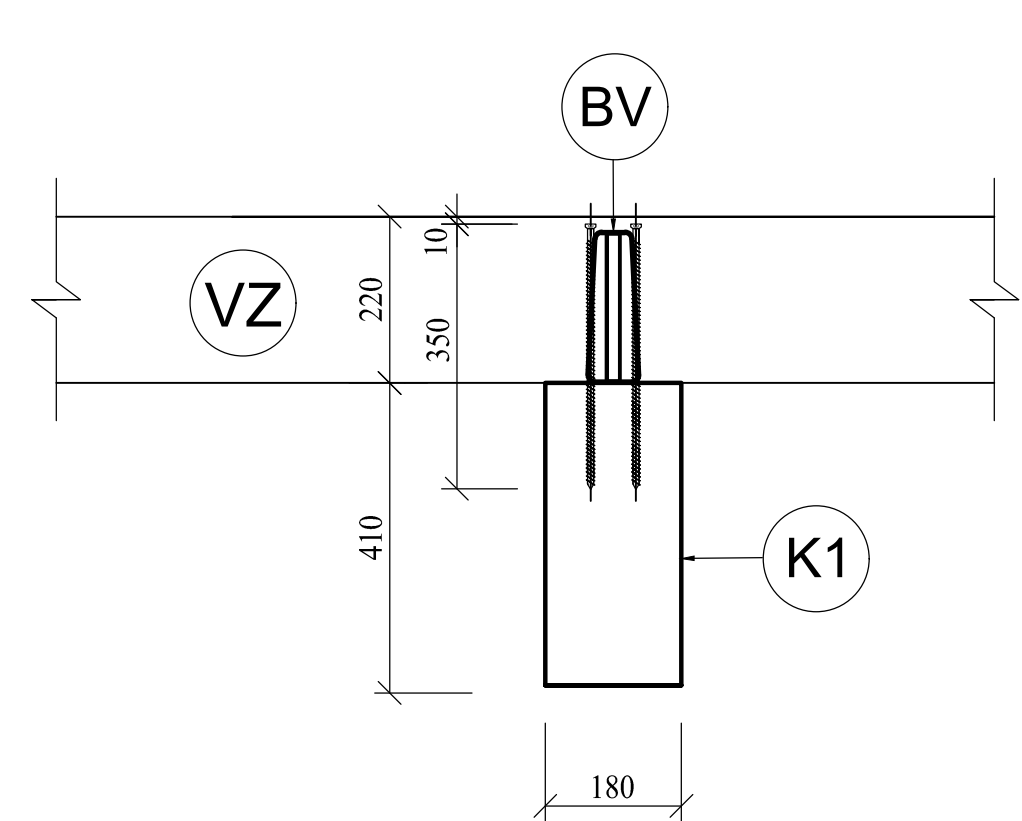
ZÁVITOVÁ TYČ :	8.8 Ø20/220mm	2 x 24 = 48 ks
MATICE :	Ø20 M	48 ks
PODLOŽKA :	Ø20	48 ks
SVORNÍKY :	4.6 Ø 16mm	8 x 24 = 192 ks
MATICE :	Ø 16 M	192 ks
PODLOŽKA :	Ø 16	192 ks
NEOPREN :	10 mm	24 ks

S355 OCEL 11 523

- POVRCHOVÁ ÚPRAVA : ŽIAROVÉ ZINKOVANIE (400G/M2)
- VŠETKY ZVARY SÚ KONŠTRUKČNÉ
- VŠETKY ZVARY KÚTOVÉ , ZVAR HR. min 4 mm

VEDÚCI BP	VYPRACOVAL	KONZULTANT BP	<div>STAVEBNÁ FAKULTA VŠB–TU OSTRAVA</div> <div></div>	
doc.Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.	Konštiak Viktor	Ing. David Mikolášek, Ph.D.		
NÁZOV BAKALÁRSKEJ PRÁCE			KATEDRA : KONSTRUKCE STAVEB 221	
STATICKÁ ANALÝZA LEPENEJ LAMELOVEJ KONŠTRUKCIE KROVU			FORMÁT	2xA4
			DÁTUM	02.05.2017
			OBOR	3607R037
			ŠK. ROK	2016/2017
NÁZOV VÝKRESU			MERÍTKO	ČÍSLO VÝKRESU
DETAILY PRÍPOJA Z01, Z02			1:10	2

det. A



VÝPIS PRVKOV - SPOJ : KROVKA VÄZNICA

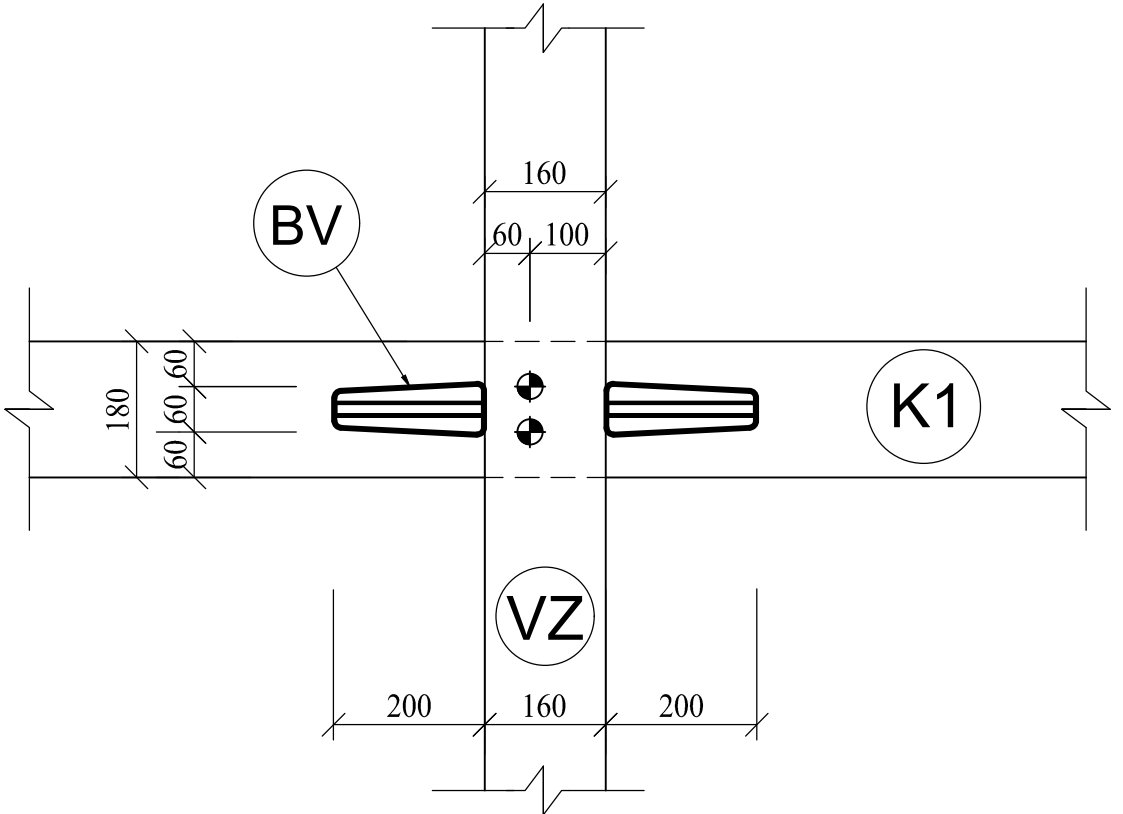
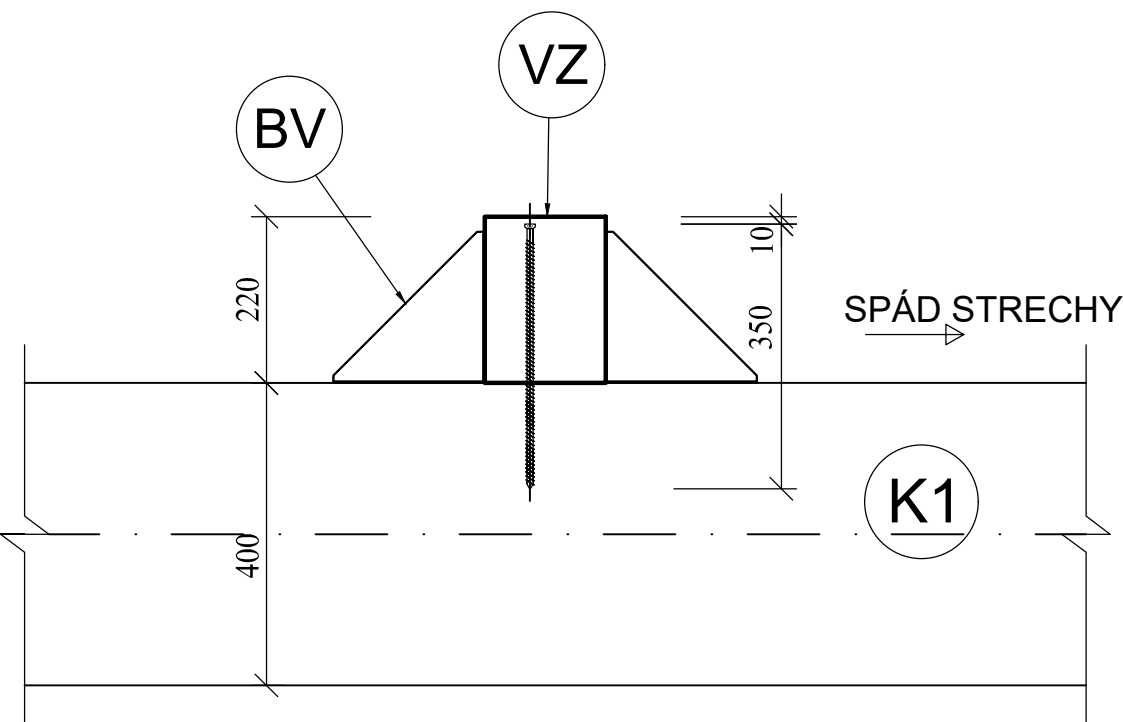
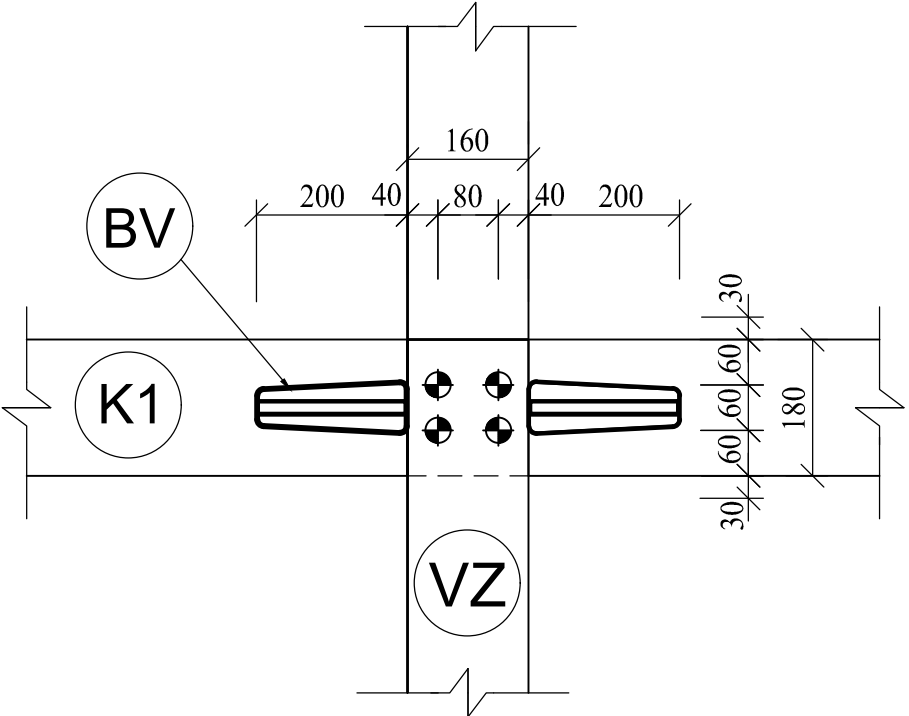
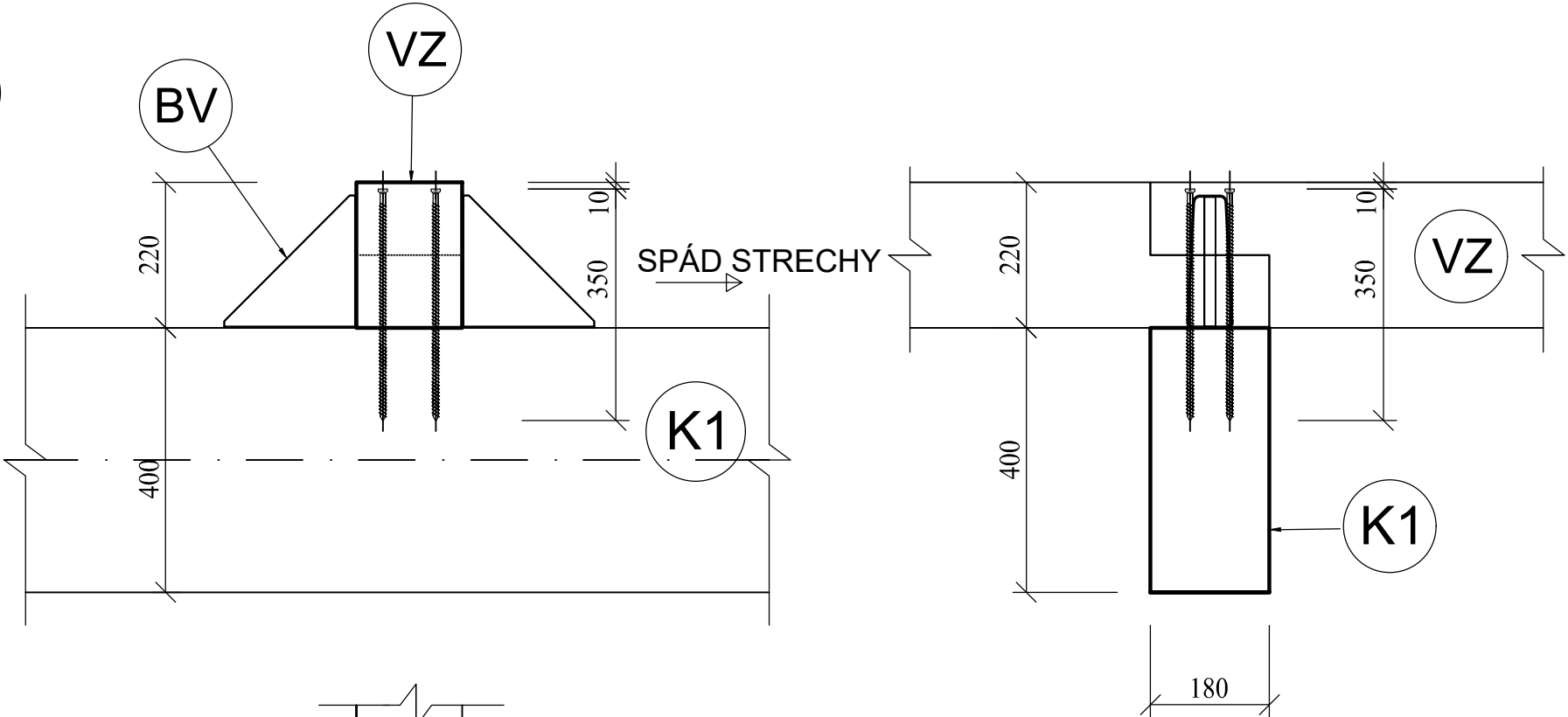
VRUTY - VGZ Ø9/350 (CELÝ ZÁVIT)	2 x 252 = 504 ks
-----------------------------------	------------------

VÝPIS PRVKOV - SPOJ : VÄZNICA VÄZNICA

VRÚTY - VGZ Ø9/350 (CELÝ ZÁVIT)	4 x 126 = 504 ks
-----------------------------------	------------------

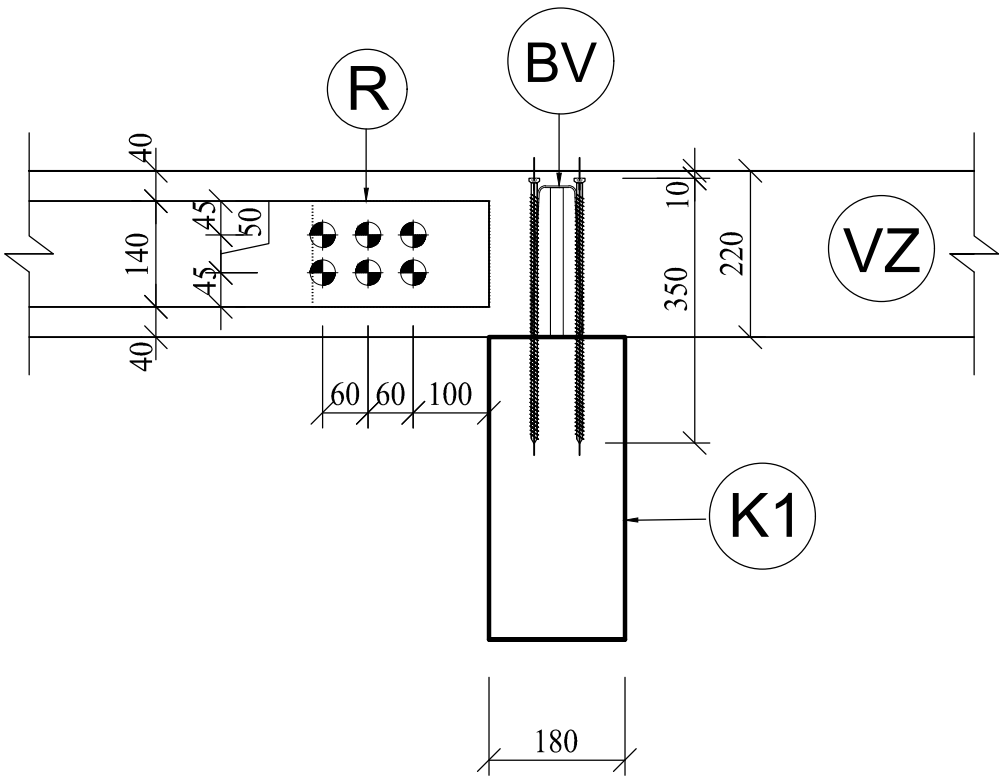
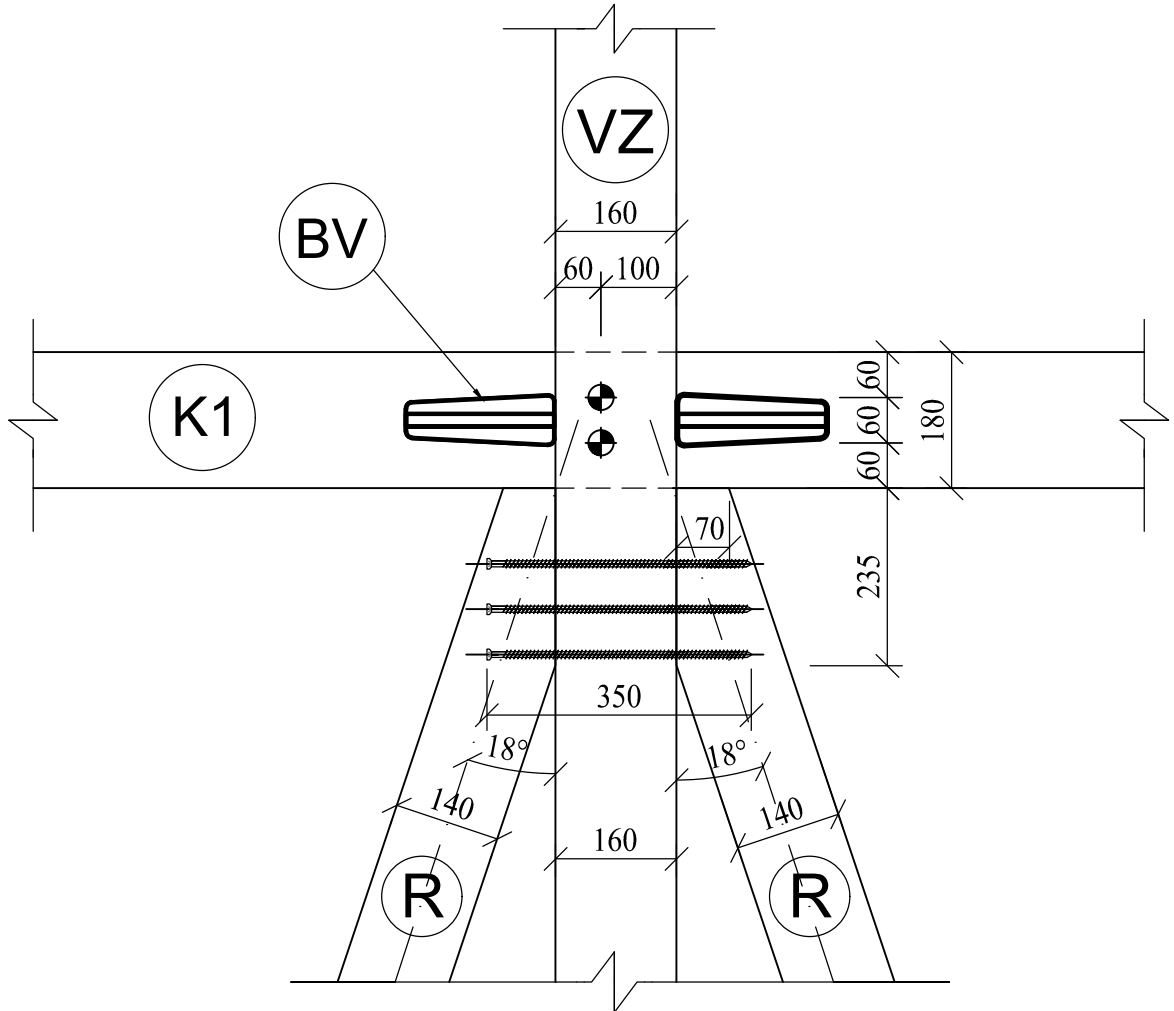
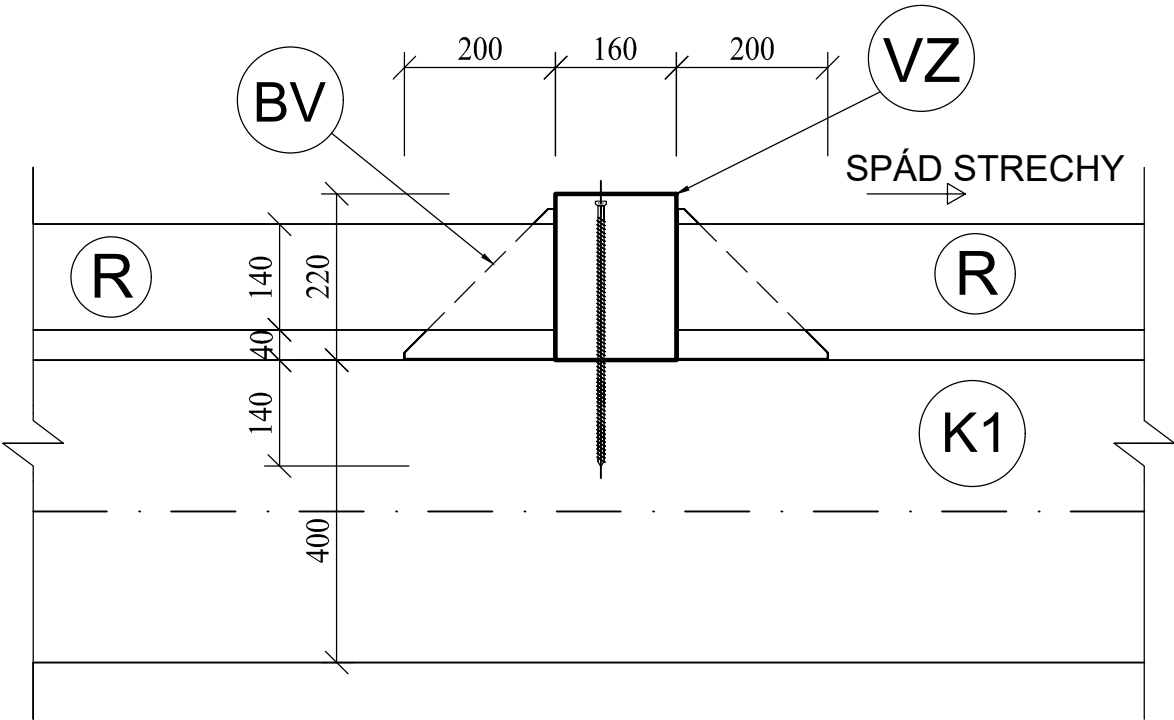
BV- BOVA UHOLNÍK BV/P 200 28 x 18 = 504 ks
UHOLNÍK PRIPOJENÝ - KLINCE - BV/KH 4x70 mm cca 12600 ks

det. B

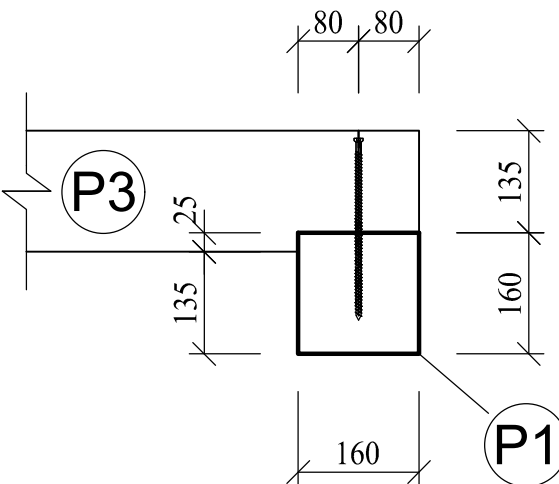
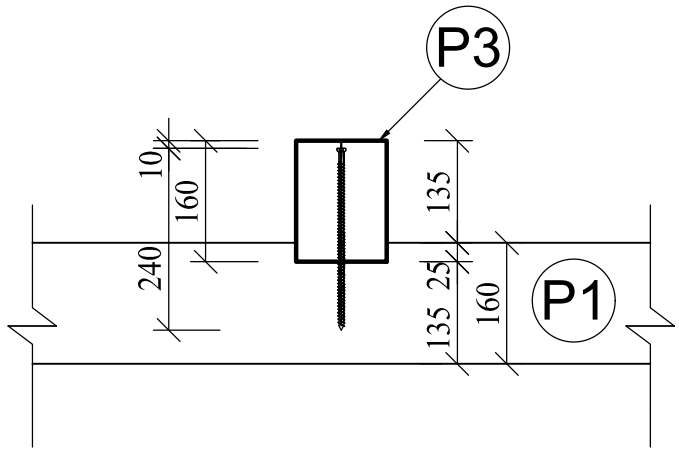
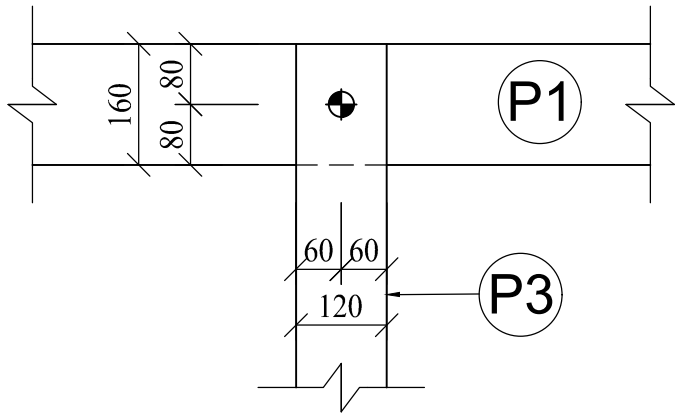


VEDÚCI BP	VYPRACOVAL	KONZULTANT BP	STAVEBNÁ FAKULTA VŠB–TU OSTRAVA	
doc.Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.	KONŠTIAK VIKTOR	Ing. David Mikoššek, Ph.D.		
NÁZOV BAKALÁRSKEJ PRÁCE			KATEDRA : KONSTRUKCE STAVEB 221	
STATICKÁ ANALÝZA LEPENEJ LAMELOVEJ KONŠTRUKCIE KROVU			FORMÁT	6xA4
			DÁTUM	02.05.2017
			OBOR	3607R037
			ŠK. ROK	2016/2017
NÁZOV VÝKRESU			MERÍTKO	ČÍSLO VÝKRESU
OSTATNÉ PRÍPOJE - DETAIL C, D			1:10	3

det. C



det. D



NAPOJENIE - KROVKA POMÚRNICA - det. D	
VRÚTY - VGZ Ø7/240	2 x 18 = 36 ks
NAPOJENIE POMÚRNICE P1 a P2 NA ŽB - chemická kotva HILTI	
ZÁVITOVÁ NEREZ TYČ Ø18/340 mm po cca 800 mm	34 ks
PODLOŽKA POD DREVO Ø68mm síla plechu min 6 mm	34 ks
MATICE Ø18 mm	34 ks

NAPOJENIE ROZPIER NA VÄZNICU - det. C :	
OCEĽOVÝ VRUT, POVRCHOVÁ ÚPRAVA - POZINK	
VGZ Ø9/150	12 x 56 = 672 ks (CELÝ ZÁVIT VRÚTU)

VEDÚCÍ BP	YPRACOVAL	KONZULTANT BP	STAVEBNÁ FAKULTA VŠB–TU OSTRAVA	
doc.Ing. Jiří Brožovský, Ph.D.	KONŠTIAK VIKTOR	Ing. David Micolášek, Ph.D.		
NÁZOV BAKALÁRSKEJ PRÁCE			KATEDRA : KONSTRUKCE STAVEB 221	
STATICKÁ ANALÝZA LEPENEJ LAMELOVEJ KONŠTRUKCIE KROVU			FORMÁT	6xA4
			DÁTUM	02.05.2017
			OBOR	3607R037
			ŠK. ROK	2016/2017
NÁZOV VÝKRESU			MERITKO	ČÍSLO VÝKRESU
OSTATNÉ PRÍPOJE - DETAIL C, D			1:10	4